



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

JUHA TARKKI

**SUURTEN AJONEUVOLASIEN TUOTANTOPROSESSIN
KEHITTÄMINEN LEAN-TYÖKALUJA KÄYTTÄEN**

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Talou-
den ja rakentamisen tiedekuntaneuvos-
ton kokouksessa 17. elokuuta 2016

TIIVISTELMÄ

JUHA TARKKI: Suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessin kehittäminen lean-työkaluja käyttäen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 87 sivua, 10 liitesivua

Elokuu 2016

Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Talouden ja liiketoiminnan hallinta

Tarkastaja: professori Jussi Heikkilä

Avainsanat: lean, 5S, visuaalisuus, layout, arvovirtakuvaus, läpimenoaika

Tämä diplomityö toteutettiin Jaakko-Tuote Oy:n suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessin pohjalta. Ajoneuvolasien kysyntä on jatkuvassa kasvussa kaupungistumisen ja talouden uudelleeneläytymisen myötä, ja siksi Jaakko-Tuotteellakin on tällä tuotannon sektorilla merkittävä osuus yrityksen liiketoiminnasta. Ajoneuvolasien tuotannossa työn tuottavuus on keskeinen mittari prosessin toiminnan kannalta. Kilpailukyvyyn säilyttämiseksi yrityksen on tärkeää saada karsittua kaikki kannattamaton ja arvoa tuottamaton toiminta sekä pyrkiä kehittämään prosesseista tehokkaita ja luotettavia olosuhteista riippumatta. Tämän takia diplomityössä oli perusteltua lähteä määrittämään tuotantoprosessin kehittämissuunnitelmaa.

Työssä hyödynnettiin konstruktivistista tapaustutkimusta määrittämään tuotannon nykytila, haasteet ja kehittämismahdollisuudet etenkin laaduntuoton, asiakasarvon ja läpimenoaikojen osalta. Teoria löydettiin lean-tuotannosta, jossa hukka ja hukan torjunta ovat keskeisiä prosessien kehittämisen kannalta. Tällä perusteella luotiin suunnitelma sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen aineiston keräämisestä. Kvalitatiivinen aineisto kerättiin kyselyillä, joissa kysyttiin samat kysymykset aina samassa järjestyksessä. Kvantitatiivisen aineiston oleellinen tiedonhankintatapa oli klassinen työnajanmittaus kellottamalla eri työvaiheiden jaksonaikoja. Näin saadusta datasta muodostettiin arvovirtakaavioita, joista nähtiin tuotannon läpimenoajat, vaiheajat, odotusajat ja arvoa tuottava aika suhteessa kokonaisaikaan.

Kerätystä aineistosta havaittiin tuotannon nykytilassa monia erilaisia haasteita. Näihin lähdettiin työssä puuttamaan niin operatiivisten lyhyen tähtäimen kuin strategisten pitkän tähtäimen toimenpiteiden avulla. Tällaisia toimenpiteitä olivat tuotannon visuaalisuuden parantaminen, osaamisen kehittäminen, työskentelyolosuhteisiin vaikuttaminen ja koneiden sijoittaminen uudella tavalla prosessin virtauksen parantamiseksi. Tällä tavoin tuotantoon kehitettiin alussa työn tavoitteeksi asetettu kehittämissuunnitelma. Malli voidaan ajoneuvolasien tuotantoprosessin lisäksi tarvittaessa laajentaa kattamaan yrityksen koko lasituotannon jalostusprosessi.

ABSTRACT

JUHA TARKKI: Development of the manufacturing process of big vehicle glasses by using lean management tools

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 87 pages, 10 Appendix pages

August 2016

Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management

Major: Industrial and Business Economics

Examiner: Professor Jussi Heikkilä

Keywords: lean, 5S, visual control, layout, value stream map, lead time

This Master's Thesis was carried out at Jaakko-Tuote Oy in the manufacturing process of big vehicle glasses. The demand for the vehicle glasses is on the constant increase due to urbanization and again-growing economy. Because of this Jaakko-Tuote also has a big share of its business in this field of manufacturing. For the manufacturing of vehicle glasses the productivity is a central indicator of the operation process. To the company, it is very important from the competitive point of view to be able to cut all the unprofitable and unproductive actions and try to develop efficient and reliable processes irrespective of the conditions. Thus it was reasonable to determine a development plan of this process in the Master's Thesis.

In the study, a constructive case study was utilised to determine the present state of the production, challenges and development potential especially in quality field, customer value and lead times. The theory which was essential from this point of view, was found in lean production in which the waste and waste prevention are central in process development. Based on this, a plan of how to collect both qualitative and quantitative material was created. The qualitative material was collected with surveys in which the same questions were always asked in the same order. Quantitative data acquisition method was a classic working time measurement by stopwatching the times of different work-stages. The data gathered was used to develop different value stream maps from which lead times, cycle times, waiting times and value added time were seen in relation to the total time.

Many different challenges were noticed in the present state of production. In the study both operative short term actions and strategic long term actions to influence them were made. Some of these actions were to improve the visibility of the production, to develop the company's know-how, to influence the working conditions and to plan a better layout to improve the flow of production. This way an action plan was developed which was the goal at first. This development plan can also be used in the whole glass production, not only in the vehicle glass manufacturing.

ALKUSANAT

Tämän diplomityön tekeminen oli poikkeuksellisen pitkä ja raskas projekti. Ensinnäkin olen kaiken aikaa ollut vakituisessa työsuhteessa kohdeyritykseen, jolloin diplomityön ohella olen päässyt työskentelemään muissakin yrityksen työtehtävissä. Toiseksi alun perin tarkoitukseni oli tehdä työ kohdeyrityksen eli Jaakko-Tuote Oy:n uuden yritys-ohjelmiston käyttöönoton projektista syksyllä ja talvella 2015. Tämä projekti ei kuitenkaan lopulta saavuttanut aikataulullisesti haluttuja tuloksia helmikuuhun 2016 mennessä, joten jouduin sopimaan yrityksen ja työtä tarkastavan professorin Jussi Heikkilän kanssa uudesta aiheen asemoinnista. Tämä osoittautui lopulta erittäin hyväksi ratkaisuksi, koska yrityksessä lähdettiin innostuneesti tähän uuteen projektiin mukaan ja aineiston keruu työtä varten oli nopea ja tehokas prosessi. Lukija pystyy tässä työssä nyt tutustumaan syvemmin Jaakko-Tuote Oy:n suurien ajoneuvolasien tuotantoprosessin nykytilaan ja siihen esitettyihin kehitysratkaisuihin. Kolmas ja kaikkein merkittävin syy työn viivästymiselle oli kuitenkin helmikuussa tapahtunut kuolintapaus perhepiirissä, kun isäni menehtyi pitkällisen sairauden uuvuttamana 68 vuoden iässä. Tästä otti oman aikansa, ennen kuin pääsin takaisin normaaliin työhöni.

Valmistuneesta työstä suurimmat kiitokset haluan osoittaa Jaakko-Tuote Oy:n TK- ja LA-osastojen henkilökunnalle, joiden aktiivisuuden ansiosta sain henkilökohtaisesti vaikeassa elämäntilanteessa suuren avun työtä varten suunnitellun aineiston keräämisessä ja dokumentoinnissa. Erityiskiitos kuuluu Pasi Juvoselle, Pasi Savilalle, Jani Huukille Marko Pelttarille, Aila Lehdolle, Aki Harjunpäälle ja Veli Harjunpäälle, joiden kanssa käytyjen keskustelujen ja ajatustenvaihdon myötä sain monia uusia näkemyksiä työn tekemiseen. Nea Lehtistä kiitän työn kirjoitusasun tarkastuksesta ja kieliopillisten virheiden korjaamisesta. Samoin haluan kiittää professori Jussi Heikkilää hyvästä yhteistyöstä, työn arvioinnista ja vinkeistä matkan varrella. Iso kiitos myös äidilleni Irja Tarkille, joka kaikista kevään vastoinkäymisistä huolimatta on jaksanut kannustaa minua kaiken aikaa työn teon eri vaiheissa ja ponnisteluissa kohti diplomi-insinöörin tutkintoa.

Paneliassa, 1.8.2016

Juha Tarkki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	i
ALKUSANAT	iii
SISÄLLYS.....	iv
LYHENTEET JA MERKINNÄT	viii
1. Johdanto	1
1.1. Ajoneuvolasien kysyntä	1
1.2. Tarve tuotannonkehittämissuunnitelmalle.....	2
1.3. Tutkimusongelmat ja työn menetelmät	3
1.4. Työn rakenne.....	5
2. Kohdeyrityksen kuvaus	6
2.1. Yrityksestä	6
2.2. Yrityksen alkutaival perustamisesta ensimmäisiin kasvun vuosiin ja tärkeimmät sidosryhmät.....	7
2.3. Miten yritys toimii?	9
2.4. Miksi yrityksestä tuli kasvuyritys ja millaisiin vaiheisiin kasvu voidaan jakaa?	10
3. Kirjallisuuskatsaus.....	12
3.1. Lean-ajattelun historiallinen tausta	12
3.2. Asiakasarvo	14
3.3. Lean-tuotanto	16
3.3.1. Lean-työkalut.....	16

3.3.2. Lean-filosofia	18
3.3.3. Hukan käsite ja sen tunnistaminen	23
3.3.4. 5S-järjestelmä	25
3.4. Lean arvovirtojen johtamisessa	28
3.5. Lean-käyttöönotto	31
3.5.1. Leanin yleinen käyttöönottostrategia	31
3.5.2. Käyttöönoton haasteet ja miten niistä voidaan selvitä	33
3.6. Lean, tuotannonohjausjärjestelmät ja layout.....	35
3.6.1. ERP-järjestelmät.....	35
3.6.2. Layout-suunnittelu	37
3.7. Yhdistetyt toimintamallit.....	38
3.7.1. Lean ja six sigma.....	38
3.7.2. Lean ja joustava tuotanto	41
4. Tutkimusmenetelmät ja aineisto	43
4.1. Tutkimusmetodologia.....	43
4.1.1. Tutkimuksen filosofia ja lähestymistavat.....	43
4.1.2. Tutkimusstrategia ja aikaikkuna	44
4.2. Tiedonkeruu ja aineisto.....	46
4.2.1. Kvantitatiivinen tiedonhankinta	46
4.2.2. Kvalitatiivinen tiedonhankinta	46
4.3. Tiedon analysointi.....	47
5. Työn tulokset.....	48
5.1. Suurten ajoneuvolasien tuotannon luonne.....	48
5.1.1. Ajoneuvolasien asiakasarvon osatekijät	48

5.1.2. Tuotannonsuunnittelu, myynti ja asiakasrajapinta	51
5.2. Tuotantoprosessien kuvaukset	52
5.2.1. Tuotannon nykyinen layout.....	52
5.2.2. Nykyinen linja-auton sivulasien tuotantoprosessi	54
5.2.3. Nykyinen linja-auton tuulilasien tuotantoprosessi	57
5.2.4. Kyselytutkimuksen keskeiset tulokset.....	59
5.3. Prosessien arvovirtakuvaukset ja läpimenoaika-analyysit	60
5.3.1. TK-osaston sivulasien tuotannon arvovirta	60
5.3.2. LA-osaston tuulilasien tuotannon arvovirta	62
6. Tulosten tarkastelu	64
6.1. Tuotannon nykyiset haasteet.....	64
6.2. Tuotannon visuaalisuuteen panostaminen	66
6.3. Osaamisen kehittäminen	68
6.4. Työskentelyolosuhteiden kehittäminen	70
6.5. Resurssitehokkuudesta kohti virtaustehokkuutta	71
6.6. Kaiken yhdistävä tuotannonohjausjärjestelmä	74
7. Yhteenveto.....	76
7.1. Keskeisimmät tulokset.....	76
7.2. Kehitystoimenpiteet	77
7.3. Onnistumisen arviointi ja jatkotutkimuksen aiheet	81
LÄHTEET.....	83

LIITE 1: KYSELYLOMAKE PROSESSIN NYKYTILAN KARTOITTAMISEKSI

LIITE 2: TUOTANNON LAYOUT-KUVAT (KOIVUNEN 2010)

LIITE 3: PROSESSIEN VUOKAAVIOT

LIITE 4: PROSESSIEN ARVOVIRTAKAAVIOT

LYHENTEET JA MERKINNÄT

5S	Lean-työkalu visuaalisuuden lisäämiseen tuotannossa.
CE	CE-merkintä on valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.
ERP	<i>Engl. Enterprise Resource Planning.</i> Kokonaisvaltainen tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä.
LA	Jaakko-Tuotteen linja-auton tuulilasien valmistusosasto.
Layout	Tapa, jolla tuotannon koneet on sijoitettu tehtaalle ja tuotannon materiaalivirta kulkee tuotantoprosessin läpi.
Lean	Johtamisfilosofia, jossa huomio kiinnitetään tuotannossa havaittavaan hukkaan, jota pyritään vähentämään virtauksen parantamiseksi ja arvoa tuottavan ajan maksimoimiseksi.
JIT	<i>Engl. Just-In-Time.</i> Juuri oikeaan aikaan. Lean-filosofia, jossa korostetaan sitä, että asiakkaalle tarjotaan sitä, mitä asiakas haluaa, milloin hän sen haluaa ja millaisen määrän hän sitä haluaa.
Kaizen	<i>Japania.</i> Kehitys. Kaizen kuvaa prosessien jatkuvaa parantamista.
MIT	<i>Engl. Massachusetts Institute of Technology.</i> Cambridgen kaupungissa Yhdysvalloissa sijaitseva teknillinen korkeakoulu.
PDCA	<i>Engl. Plan-Do-Check-Act.</i> Suunnittele, toteuta, tarkasta ja toimi. Mallin perusteella voidaan pyrkiä jatkuvaan parantamiseen toteuttamalla sama sykli kerrasta toiseen.
Se	Jaakko-Tuotteen suorien eristyslasien valmistusosasto.
Six sigma	Laadunhallinnan tilastollinen työkalu. Työkalun alkuperä on tilastollisessa mallintamisessa ja se otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön laadunhallinnan työkaluna Motorolalla 1980-luvulla.
TK	Jaakko-Tuotteen taivutettavien, karkaistujen lasien osasto.

TPM	<i>Engl. Total Productive Maintenance.</i> Kokonaistuottavuuden hallinta, joka tarkoittaa ennen kaikkea koneiden ennakoivaa huoltoa ennen rikkoutumista.
TPS	<i>Engl. Toyota Production System.</i> Toyotan autotehtaiden tuotantojärjestelmä.
VoC	<i>Engl. Voice of the Customer.</i> Asiakkaan ääni. Lean-termi asiakasarvolle.
VSM	<i>Engl. Value Stream Mapping.</i> Arvovirtakuvauksessa kuvataan prosessien materiaali- ja tietovirrat valmistajalta asiakkaalle.
ZQC	<i>Engl. Zero Quality Control.</i> Nollavirhetason tavoittelu, joka on yksi leanin peruseriaatteista.

1. Johdanto

Diplomityön tarkoituksena on selvittää suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessin kulkua eri vaiheissaan keskisuuressa suomalaisessa teollisuusyrityksessä ja tältä pohjalta laatia toimiva tuotannonkehittämissuunnitelma tulevaisuutta ajatellen. Aihe valikoitui eri vaihtoehtojen joukosta, koska tällä tuotantosektorilla nähdään olevan selkeää potentiaalia olla kasvava ja kehittyvä osa tuotevalikoimaa. Prosessin hyvälle ja kannattavalle toiminnalle on siis tarvetta. Tässä luvussa johdatetaan lukija aiheeseen lyhyesti ja kerrotaan työn taustaa. Samoin määritellään tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma tutkimuskysymyksineen. Lopuksi esitellään työn rakenne.

1.1. Ajoneuvolasien kysyntä

Nykyaikaisessa yhteiskunnassa, jossa ympäristöarvot korostuvat, nähdään joukkoliikenne keskeisenä keinona vähentää liikenteen vaikutuksia ympäristöön. Kun ihmiset yhä enenevässä määrin siirtyvät yleisten joukkoliikennevälineiden käyttöön, kasvihuonekaasu- ja muut pienhiukkaspäästöt vähentyvät verrattuna siihen, että kaikki ihmiset käyttäisivät omia autojaan liikkumiseen. Samalla yhteiskuntien riippuvuus öljystä vähenee, mikä myös osaltaan vähentää liikenteen kokonaishiilijalanjälkeä. Nämä asiat ovat tärkeitä etenkin kasvukeskusten suurissa metropoleissa, joissa vuotuiset ympäristöongelmat ja ilman laatu aiheuttavat suuria kustannuksia yhteiskunnalle esimerkiksi ihmisten sairastavuuden sekä ilmaston ja asuinympäristön pilaantumisen lisääntyessä.

Tässä tilanteessa erilaisten joukkoliikennevälineiden kysyntä on kasvussa. Monessa paikassa mietitään, millä konseptilla parhaiten pystytään vastaamaan asiakastarpeisiin. Myös Suomessa mietitään joukkoliikenteen kehittämistä, koska suurten etäisyyksien maassa yksityisautoilu on pitkään pitänyt poikkeuksellisen vahvaa jalansijaa. Jatkuva kaupungistuminen ja ihmisten siirtyminen maaseudulta kasvukeskuksiin kiihdyttää joukkoliikenteen mahdollisuuksia täälläkin, mutta etenkin ulkomaisissa metropoleissa on jatkuva tarve uusille joukkoliikennevälineille.

Siksi Euroopan alueella voimakkain valmistuskeskittymä sijoittuukin Benelux-maiden alueelle, jossa on voimakasta asiakaspotentiaalia joka ilmiansuunnasta katsoen. Erilaisten ajoneuvojen kysyntä on jälleen alkanut elpyä pahimman talouskriisin ajoista tällä alueella, koska keskieurooppalaisten suurkaupunkien liikennevirastot ovat kysyneet tekemään investointeja liikennejärjestelmiinsä. Suomesta valmistusteollisuus on talouskriisin aikana vähentynyt, mutta täälläkin on edelleen muutama suurempi toimija.

Kasvupotentiaalin vuoksi myös näiden ajoneuvojen raaka-ainetoimittajille ja muille alihankkijoille on olemassa hyvän ja kannattavan liiketoiminnan mahdollisuus. Koska autoja ja muita ajoneuvoja valmistetaan suurissa tuotantolaitoksissa, voi kysyntä olla useita satoja ajoneuvoja vuodessa. Jos yritykseltä löytyy tuotantotekninen osaaminen toimittaa osia useiden eri valmistajien tuotteisiin, on sillä usein myös hyvä kilpailuetu toisiin saman alan yrityksiin nähden.

Tämä työ keskittyy osaltaan yhden erittäin keskeisen ajoneuvon rakenneosan tuotantoketjun selvittämiseen ja kehittämissuunnitelman rakentamiseen. Tarkasteltavina tuotantoprosesseina ovat linja-auton tuuli- ja sivulasien tuotantoketjut eri vaiheissaan. Kohdeyrityksenä toimii erilaisia lasi- ja peltituotteita moniin tarkoituksiin valmistava Jaakko-Tuote Oy, jonka isojen ajoneuvojen lasituotanto on aloitettu jo 1990-luvun aikana. Tuotantoa on laajennettu pikkuhiljaa itse kehittäen hankkimalla uusia tuotantokoneita ja toisaalta myös tuotevalikoimaa laajentamalla. Nykyisellään ajoneuvolasien tuotanto kattaa niin perinteiset linja-autojen ja pikkubussien tuuli- ja sivulasit kuin erilaisten erikoisajoneuvojen lasit, kuten työkoneiden, vankienkuljetusautojen, pelastusajoneuvojen sekä lentokenttien erilaisten kuljetusyksiköiden lasitukset.

1.2. Tarve tuotannonkehittämissuunnitelmalle

Työssä lähdetään määrittämään nykyisten suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessin toimintaa. Työn keskeisenä tavoitteena on selvittää näiden lasien tuotannon nykytila, haasteet ja kehitysmahdollisuudet erityisesti asiakastarpeiden tyydyttämisen, läpimenoaikojen ja laaduntuottamisen osalta. Lasituotannon prosessi etenee aina tiettyjen vaiheiden kautta ja siinä on pientä eroa sivulasien ja tuulilasien välillä. Tuulilaseilla prosessi voidaan karkeasti jakaa leikkaukseen, taivutukseen ja laminointiin, kun taas sivulaseilla prosessin keskeiset osat ovat yleisellä tasolla leikkaus, karkaisu sekä eristyslasiksi kasaaminen. Vaikka yrityksen prosesseista otetaankin tarkasteluun vain tällaiset kaksi tarkkaan rajattua tuotannon osa-aluetta, on yhtenä työn tavoitteena saada aikaan sellainen tuotantosuunnitelma, jota voitaisiin myöhemmin laajentaa koko yrityksen tuotannon kattavaksi suunnitelmaksi.

Nykyaikaisessa tuotannon kehittämisessä lean-tuotanto ja toisaalta erilaiset joustavuuden sekä laatujohtamiseen liittyvät konseptit ovat nousseet keskeiseen rooliin. Lean-kirjallisuutta on todella paljon ja sen lähtökohdat ovat 1980-luvun lopun ja 1990-luvun alun kirjallisuudessa, jossa lähdettiin tutkimaan Toyotan tuotantojärjestelmää, joka näytti olevan todella tehokasta ja perustui neljään keskeiseen osa-alueeseen:

1. Tiimityö
2. Viestintä
3. Resurssien tehokas hyödyntäminen ja hukan poistaminen
4. Jatkuvat parannukset. (Modig & Åhlström 2013, s. 77–79)

Kaksi keskeistä teosta, James P. Womackin, Daniel T. Jonesin ja Daniel Roosin *Machine that Changed the World* (1991) sekä Womackin ja Jonesin *Lean Thinking* (2003) ovat sellaisia perusteoksia, joiden pohjalta yritykset ovat aloittaneet virtauttamaan toimintaansa ja parantamaan prosessien kulkua tuotannossa. (Modig & Åhlström 2013, s. 80)

Tuotannon prosessien kannalta on suomalaisessa teollisuudessa yleisemminkin todellinen tarve uusien tuotannonohjauksen menetelmien tarjoamille opeille. Työn tuottavuus on pysähtynyt, mitä ei ole koskaan tapahtunut Suomen historiassa rauhan aikana. Bruttokansantuotteen kasvu on ollut yhtä hidasta viimeksi 1800-luvulla. Suomen kannalta voidaan nähdä kolme keskeistä vaihtoehtoa kasvu-uralle pyrittäessä:

1. Julkinen talous sopeutetaan hitaaseen talouskasvuun rakenteita uudistamalla
2. Työn määrää lisätään työuria tai työaikoja pidentämällä
3. Työn tuottavuutta parannetaan. (Pohjola 2014)

Näistä kaksi ensimmäistä liittyy sellaisiin asioihin, joihin vain yhteiskunnalliset toimijat voivat vaikuttaa päätöksenteollaan, mutta viimeisessä eli työn tuottavuuden parantamisessa yrityksillä on keskeinen merkitys. Tässä lean sekä muut joustavuuteen ja tehokkuuteen perustuvat tuotantomenetelmät tarjoavat hyviä työkaluja yritysten käyttöön.

Myös ajoneuvolasien osalta työn tuottavuus on keskeinen mittari prosessin toiminnan kannalta. Asiakkaille on tarjottava laadukkaita ja käyttötarkoitukseensa sopivia tuotteita kohtuulliseen hintaan, kohtuullisessa ajassa ja aina kulloinkin tarvittava määrä. Prosessin on sovelluttava erilaisten lasien tuotantoon ja tarvittaessa kyettävä reagoimaan suuriinkin kysynnän muutoksiin. Globaalissa yhteiskunnassa ja ajoneuvojen valmistuksen tapahtuessa useissa eri maissa, viennin merkitys on tässä tuotantoprosessissa vielä normaaliakin suurempaa.

Kilpailu on kansainvälistä ja Suomen merkittävien tuotantokustannusten takia prosessin tehokkaalle virtaukselle, kustannustehokkuudelle ja hukan minimoinnille on voimakas tarve. Kilpailukyvyn kannalta yritykselle on tärkeää saada karsituksi kaikki kannattamaton ja arvoa tuottamaton toiminta sekä pyrkiä kehittämään prosesseista tehokkaita ja luotettavia olosuhteista riippumatta. Näin ollen diplomityössäni on perusteltua lähteä määrittämään leanin periaatteita käyttäen kehittämissuunnitelmaa prosessin toimintaan.

1.3. Tutkimusongelmat ja työn menetelmät

Diplomityön tavoitteen pohjalta työn keskeisin tutkimusongelma on selvittää, mitä eri keinoja on parantaa suurten ajoneuvolasien valmistusta niin virtauksen kuin kustannustehokkuudenkin osalta lean-periaatteita hyödyntäen. Tuotantoprosessi on yrityksen yksi keskeisimmistä toiminnoista ja isoimmat ongelmat liittyvät usein tuotantoprosessin hallintaan ja kehittämiseen. Tämä ongelma voidaan puolestaan jakaa seuraaviin alemman

tason ongelmiin, joihin vastaaminen lopulta johtaa myös päätason ongelman ratkaisemiseen:

1. Mitä lean on käytännössä ja miten sitä voidaan soveltaa lasien tuotannossa?
2. Miten asiakasarvo määritellään suurilla ajoneuvolaseilla ja mitkä ovat keskeiset kilpailukykytekijät, joilla Jaakko-Tuote pärjää lasimarkkinoilla?
3. Miten nykyprosessi toimii, millaisista vaiheista se koostuu, mitä eri työvaiheissa tarkkaan ottaen tapahtuu ja mikä on tuotannon layout?
4. Millaiset läpimenoajat ovat eri prosessin vaiheissa, missä syntyy hukkaa ja minne syntyvät tuotannon pullonkaulat?
5. Millaisen tuotannonohjausjärjestelmän tällainen tuotantoprosessi vaatisi toimiaakseen halutulla tavalla?

Tuotanto pyritään tässä työssä ymmärtämään mahdollisimman laajana prosessina. Se edellyttää eri toimintojen välisten riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteiden tarkkaa hahmottamista. Tuotantoon sisältyvät kaikki toiminnot, jotka liittyvät suoraan tuotteen tai tuote-erän aikaansaamiseen. (Haverila et al. 2009, s. 350–351) Näin ollen valmistuksen lisäksi tarkastelun kohteeksi otetaan myös tilauksen saapuminen ja tekeminen ja lopuksi myös tavarankäynnin sekä laskun lähettäminen asiakkaalle.

Työn keskeisimmät tiedonhankintatavat ovat havainnointi ja kyselytutkimuksen toteuttaminen tuotannossa. Tuotantoprosessin analysointia varten työmääräinten mukaan jaetaan työajanseurannan kaavakkeita, joiden tarkoituksena on määrittää tuotannon läpimenoaikoja ja selvittää yleisemminkin prosessin kulkua eri tilanteissa. Tuotantoa havainnoidaan myös paikan päällä. Otoksen rajauksessa on otettu huomioon merkitsevyys kokonaisuuden kannalta eli tarkastelun kohteeksi on valittu sellaisia lasitilauksia, joissa eräkoot olisivat suuria ja liiketaloudellisesti merkittäviä.

Tuotannosta saadaan myös dataa seuraamalla koko tuotantoprosessia koskevia sisäisiä ja asiakkaiden reklamaatioita. Näistä voidaan nähdä, millaisista eri syistä reklamaatioita on syntynyt ja kuinka isoa lasierää tällaiset reklamaatiot ovat koskeneet. Samalla voidaan pohtia, millaisin eri keinoin tällaisesta hukasta voitaisiin ainakin osittain päästä eroon. Kaikesta hukasta on lähes mahdoton päästä eroon, koska lasi on herkkä materiaali rikkoutumaan tai naarmuuntumaan ja toisaalta isoin hukka tuotannossa syntyy jo lasilevyn leikkauksesta. Laseista sekä niiden koosta ja muodosta riippuen lasilevystä saadaan monesti hyödynnettyä vain 75–80 prosenttia, joka on ns. tuotannon luontaista hukkaa, josta on todella vaikea päästä eroon.

Työn empiiristä osuutta varten toteutetaan tuotantotyöntekijöille ja toimihenkilöille kysely, jonka tarkoituksena on tuoda vielä lisävalaistusta kvantitatiivisen analyysin tueksi. Tulokset auttavat myös sen selvittämisessä, löytyykö tuotannon ihmisiltä itseltään näkemystä siihen, mitä he omassa työssään voisivat kehittää. Kyselyssä kaikille vastaajille esitetään samat tai likipitäen samat kysymykset samassa järjestyksessä ja ne käsittelevät sekä tuotantoprosessia että tiedon tuottamista liiketoiminnan hallinnan tarpeisiin.

1.4. Työn rakenne

Diplomityö koostuu seitsemästä osasta. Johdannon jälkeisessä toisessa osassa tehdään katsaus kohdeyrityksen historiaan, jotta myöhemmässä vaiheessa esitetyt prosessikuvaukset ja erilaiset arvovirtakaaviot voidaan kytkeä yrityksen omaan kasvutarinaan. Luvussa kerrotaan yrityksen merkittävimmät sidosryhmät, miten yritys toimii, mitkä seikat ovat tukeneet kasvua ja mitä eri kasvun vaiheita yritys on läpikäynyt historiansa aikana.

Kolmannessa luvussa tehdään kirjallisuuskatsausta erilaisiin asiakasarvon, leanin ja kustannustehokkuuden periaatteisiin. Luvussa luodaan pohja sille käytännön osuudelle, jossa leaniin perustuen analysoidaan työn tuloksia ja esitetään käytännön kehittämissuunnitelma tuotantoon. Kappaleessa neljä kuvataan työn tutkimusmetodologiaa, tutkimusstrategiaa ja -menetelmiä sekä perustellaan työssä tehtyjä valintoja.

Viidennessä luvusta alkaen kuvataan työn empiiristä osaa ja kootaan seurantakaavioiden, havainnoinnin, kyselyiden ja muiden aineistojen pohjalta saatuja tuloksia yhteen. Luvussa viisi kuvataan kohdeyrityksen toimintaa, työssä tarkasteltavan valmistusprosessin nykytilaa sekä siihen läheisesti liittyviä toimintoja. Tämän jälkeen luvussa kuusi pohditaan tuotannossa havaittuihin ongelmiin ratkaisuvaihtoehtoja ja analysoidaan niiden vaikutuksia tuotantoprosessiin. Lopulta työn yhteenvedossa tullaan kokoamaan yhteen projektin lopputulokset aiemmin esiteltyjen tutkimuskysymysten pohjalta. Luvussa tullaan analysoimaan, saavutettiinkö halutut lopputulokset ja mitä jatkotutkimuskohteita työn aikana on ilmennyt.

2. Kohdeyrityksen kuvaus

Tässä luvussa esitellään kohdeyrityksenä toimiva Jaakko-Tuote Oy tarkemmin. Suurin osa tämän luvun tiedoista perustuu yrityksen toisen perustajan ja nykyisen hallituksen puheenjohtajan Veli Harjunpään omaelämäkerralliseen teokseen *Oman tien kulkija* (2009). Aluksi kuvataan, millainen yritys Jaakko-Tuote on. Toisessa alaluvussa kerrotaan, miksi se on olemassa ja mitkä ovat yrityksen toiminnan kannalta keskeiset sidoryhmät. Kolmannessa alaluvussa lukijalle avataan, miten yritys toimii ja mikä sille on uniikkia kilpailijoihinsa nähden. Neljännessä alaluvussa pohditaan sitä, miksi yrityksestä tuli kasvuyritys, mitkä seikat tukivat kasvua ja mitkä olivat kasvun vaiheet.

2.1. Yrityksestä

Jaakko-Tuote Oy on vuonna 1972 perustettu lasi- ja peltituotteita valmistava yritys Satakunnan Paneliassa, Euran kunnassa. Omistajaperheenä toimivat Harjunpää, Veli sekä hänen lapsensa Heli ja Aki. Aki Harjunpää toimii yrityksen toimitusjohtajana ja Veli Harjunpää hallituksen puheenjohtajana. Pienestä yrityksestä pikkuhiljaa kehittyen Jaakko-Tuote on laajentanut tuotevalikoimaansa perinteisistä laminoiduista turvalaseista ja lasikoneista aina nykyajan vaativiin rakennusalan lasituksiin sekä erilaisiin ajoneuvojen lasituksiin. Myös peltituotteita on jatkuvasti lisätty ja kehitetty, uusimpana tuotteena Jaakko-profiililevyjen tuoteperheeseen on saatu LukkoJaakko-nimellä kulkeva saumakatepelti. Nykyisellään yrityksellä on toimitiloja noin 36 000 neliometriä, henkilöstöä noin 160 henkeä sekä liikevaihtoa noin 14 miljoonaa euroa. Vientiä tehdään pääasiassa Euroopan Unionin alueella pääkohteina Belgia ja Ruotsi, jotka yhteensä muodostavat 70 prosenttia viennistä vuoden 2015 tilinpäätöksessä. Aivan uusina vientimaina voidaan mainita hieman eksoottisemmat Slovenia, Makedonia ja Kiina. (Jaakko-Tuote Oy:n tilinpäätös 2015).

Jaakko-Tuote Oy tunnetaan asiakkaidensa piirissä suomalaisuudesta, laadusta, varmoista toimituksista sekä henkilökohtaisesta myyntityöstä. Näin on saatu vankka jalansija niin suomalaisessa kuin kansainvälisessä lasibisneksessä. Myös nykypäivän taloudellisesti vaikeina aikoina on pystytty joka vuosi tuottamaan voittoa ja pitämään luonnollista poistumaa lukuun ottamatta työntekijät työllistettyinä. Jaakko-Tuotteen henkilöstöpolitiikkana on muutenkin ollut pitää kiinni työntekijöistään. Näin monella työntekijällä on jo usean vuosikymmenen kokemus omalta alaltaan ja taito hyvin hallussa. Jaakko-Tuotteen pitkän tuotekehityksen kautta jalostuneet tuotteet suunnitellaan tarkasti asiakkaan ohjeiden mukaan juuri kohteeseensa turvallisesti soveltuvaksi, ja näin yritys on päässyt mukaan myös valtakunnallisesti tärkeiden kohteiden toimittajiksi, kuten Eduskuntatalon laajennuksen lasitusten, Helsingin rautatieaseman lasikatoksen ja viime ai-

koina myös VR:n junien lasien toimittajiksi. Tulevaisuudessakin lasi tulee olemaan tärkeä rakennusmateriaali, koska vastaavia ominaisuuksia omaavaa materiaalia ei vielä ole kyetty kehittämään. Yritys kokee myös mahdollisuutensa tulevaisuuden markkinoilla hyvinä laajan konekannan ja osaavan henkilökunnan kautta. Omassa kunnassaan yritys on yksi suurimpia työnantajia, ja vakaa henkilöstöpolitiikka on myös usein varmistanut sen, että yritykseen on saatu korvaavaa nuorta henkilökuntaa eläköityvän tilalle.

2.2. Yrityksen alkutaival perustamisesta ensimmäisiin kasvun vuosiin ja tärkeimmät sidosryhmät

Jaakko-Tuote Oy:n perustaja, raumalainen Veli Harjunpää, oli vuoden 1969 alkupuolella yhteydessä Jaakko-Tehtaiden omistajaan Asser Uusi-Jaakkolaan Paneliasta tiedustellen vapaata työtilaa, jossa olisi mahdollista aloittaa laminoitujen lasien valmistus. Harjunpää sai kyselyihinsä myönteisen vastauksen ja hänelle tarjottiin edullista työtilaa, jos Uusi-Jaakkola itsekin pääsisi osakkaaksi aloittavaan yritykseen. (Harjunpää 2009, s. 69)

Myöhemmin vuonna 1971 Harjunpää kirjoitti sopimuksen, jossa hän sopi Uusi-Jaakkolan kanssa uuden yhtiön perustamisesta Paneliaan omistussuhteella 50 prosenttia - 50 prosenttia Harjunpää ja Uusi-Jaakkola yhdessä vaimonsa kanssa. Harjunpää sai sopimuksessa vuokralle 1000 neliömetrin työtilan 1000 markan kuukausivuokralle ja sai halutessaan ostaa kaikki osakkeet myöhemmin itselleen. Harjunpää haluttiin perustamaan lasiteollisuutta Paneliaan, tuomaan työtä paikkakunnalle ja valmistamaan porilaiselle huonekaluyhtiölle laminoitua pöytälasia, johon Harjunpäällä oli aiemmalta työuraltaan osaamista. (Harjunpää 2009, s. 69–70)

Heti aluksi yrityksellä olikin tarvetta lähteä toimittamaan pöytälaseja Finnbrassin teke-miin messinkipöytiin. Tarvittava lasiraaka-aine ostettiin hiomattomana Lahden Lasitehtaalta ja hiontaa opeteltiin tekemään itse. Laminointikalvojen toimituksissa Euroopasta Suomeen oli ollut boikottia, joten kalvo jouduttiin ensi alkuun tilaamaan Monsantoilta Yhdysvalloista. Kalvoa kuitenkin saatiin, joten syksyllä 1971 laminoidun lasin valmistus voitiin aloittaa. Samana vuonna aloitettiin myös tuulilasien valmistus itsesuunnitelluilla tuulilasiuuneilla. Tuulilasien valmistusta arvostettiin tuolloin ja sille myönnettiin teollisuusasetuspäätös, jolloin yrityksen ei tarvinnut maksaa raaka-aineista tullia eikä TSV-veroa. (Harjunpää 2009, s. 73–74)

Yritys oli aloittanut aluksi x-tunnuksella Jaakko-Tehtaiden kirjanpidossa, mutta vuoden 1972 aluksi x-tili lopetettiin ja siirrettiin uuden perustetun Jaakko-Tuote Oy:n tileille. Ensimmäinen tilikausi oli 14 kuukautta, liikevaihto 845 000 markkaa ja henkilöstömäärä yhdeksän. Laminointikalvon hankinnan käynnistyttyä toimintaa voitiin välittömästi laajentaa suoraan laminoituun lasiin, jonka valmistajia oli Suomessa tuolloin vielä vähän. Myynti hoidettiin aluksi muutaman alan tukkuliikkeen kautta. Myös yrityksen ensimmäiset vientikaupat tehtiin Ruotsiin. (Harjunpää 2009, s. 75–76)

Raaka-ainevaltaisella alalla toimivalle yritykselle toimittajat ovat erittäin tärkeitä. Koska Jaakko-Tuotteellakin on monia erilaisia tuotteita yksinkertaisista laminoiduista lasista aina monimutkaisiin sähkölämmitteisiin lasihin, on toimittajien kirjo laaja. Lasin ja peltituotteiden on aina sovelluttava käyttötarkoitukseensa, ettei ihmisille tai ympäristölle aiheudu näistä vaaraa. Siksi raaka-aineille on asetettu tarkat laatuvaatimukset, jotta asiat eivät jäisi niistä kiinni. Toimittajilla on tästä syystä myös valtaa valmistavaan yritykseen, koska ne tietävät yrityksen riippuvuuden heidän toimittamistaan tuotteista. Asiat hankaloituvat monesti, koska raaka-aineiden saatavuus Suomesta on vaikeaa. Usein raaka-aineet tulevatkin Keski-Euroopasta asti. Tällöin haasteeksi muodostuvat erilaiset kansainväliseen kauppaan, kuten maksu- ja toimitusehtoihin, liittyvät kysymykset.

Toinen tärkeä sidosryhmä on henkilöstö. Yrityksellä on tällä hetkellä noin 160 henkeä töissä ja yritys on alueellaan yksi tärkeimmistä työllistäjistä. Monet työntekijät on kyetty sitouttamaan yritykseen pitkäksi aikaa heti työuransa alusta ja osa on ollut koko uransa yrityksen palveluksessa. Tämä on nykyaikana poikkeuksellista, koska vaihtuvuus on monessa alan muussa yrityksessä ollut melko suurtakin. Pieni vaihtuvuus on taannut yritykselle aina myös osaavaa työvoimaa, mikä on omalta osaltaan mahdollistanut yritykselle kasvun vuodet.

Kolmas tärkeä sidosryhmä on asiakkaat. Yrityksellä on monia pitkäaikaisia asiakkuussuhteita jotka ovat taanneet tasaisen tulovirran vuosien saatossa. Monet yrityksistä ovat vahvoja toimijoita omilla aloillaan, kuten Kone hissiteollisuudessa, VR rautateillä ja VanHool sekä VDL linja-autoteollisuudessa. Tämä on yritykselle tärkeää, koska epävakaisissa taloudellisissa tilanteissa myös asiakkaiden liiketoiminnan tila vaikuttaa lähes suoraan toimittajan elämään. Yritys ei ole kuitenkaan pelkästään muutaman suuren asiakkaan varassa, vaan asiakaskunta on moninainen ja laaja. Yrityksessä on tarkoituksella pyritty laajentamaan tuotevalikoimaa koko ajan, jotta yhden tuotteen huono menekki ei vaarantaisi koko yrityksen olemassaoloa. Tässä on myös onnistuttu hyvin.

Neljäs sidosryhmä on kilpailijat. Etenkin lasipuolella kilpailu on kansainvälistä ja viimeisten vuosien aikana esimerkiksi puolalaiset ja turkkilaiset yritykset ovat tulleet vahvasti Euroopan markkinoille. Toimitettu tavara on lähes yhtä laadukasta kuin suomalaisenkin, mutta alhaisten työvoimakustannusten takia hinta saattaa olla huomattavan paljon pienempi. Suomalaiselle valmistavalle teollisuudelle tässä tulee olemaan iso haaste, johon on pyritty vastaamaan erilaisten laatustandardien ja -järjestelmien avulla.

Viides sidosryhmä, jonka näen keskeisenä, on viranomaiset. Viranomaistaholta keskeisin ohjeistus, joka koskee lasipuolta, on ollut 2014 voimaan astunut CE-merkinnän velvoite rakennuslasipuolella. Ajoneuvolasien osalta vastaava säädös on ECE 43R, jonka velvoitteita lasien valmistuksessa on seurattava. Yrityksellä täytyy olla tarkka dokumentaatio tuotantoprosessistaan ja tämä tieto on tarvittaessa esitettävä myös asiakkaalle. Näin varmistetaan parhaiten se, että tuote todellakin soveltuu käyttötarkoitukseensa,

koska asioita valvotaan esimerkiksi VTT:n taholta säännöllisin tarkastuksin. Jaakko-Tuote oli alallaan Suomessa ensimmäisten joukossa siirtymässä uusien merkintöjen käyttöön jo ennen vaadittuja määräaikoja. Monessa muussa yrityksessä asiat ovat vieläkin kesken ja osa on lähtenyt hankkimaan merkintöjä pimeiltä markkinoilta ulkomailta.

2.3. Miten yritys toimii?

Yritykselle asiakas on ollut koko ajan tärkein. Tuotanto ja tuotteet räätälöidään asiakkaan tarpeisiin ja tarkkojen spesifikaatioiden mukaan. Tuotanto on järjestetty funktio-naalisen layoutin mukaan ja erilaiset jalostuskoneet muodostavat omat osastonsa. Konekanta on pyritty uudistamaan ja laajentamaan koko ajan. Henkilökunta on jaettu eri työtehtäviin, eikä työnkierto ole ollut suurta. Työnkierrolla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että ihmisiä kierrätetään useissa eri työtehtävissä, jolloin heille muodostuu kokonaisvaltaisempi näkemys koko tuotantoprosessin kulusta.

Myynti tapahtuu lähinnä tarjouskyselyiden ja toimitussopimusten perusteella. Asiakkaita ei ole alettu suuremmin rajaamaan, vaan yritys myy tuotteitaan yritysasiakkaiden lisäksi myös yksityisasiakkaille. Asiakas lähettää tarjouskyselyn myyntihenkilölle, joka laskee tarjouksen, mitä tilaus tulisi maksamaan. Etenkin rakennuslasipuolella tilaukset ovat usein projektiluonteisia, joissa yksittäisiä lasityyppejä saatetaan tehdä vain jotain tiettyä projektia varten. Ajoneuvolasipuolella on enemmän vakiotuotteita, joita valmistetaan sarjoittain jopa useisiin kymmeneen ajoneuvoihin kerrallaan. Isoille asiakkaille on myös toimitussopimuksia, joissa asiakkaan vakiotuotteille on tietyksi ajaksi määritelty vakiohinnat ja tietyt eräkoot, joissa tuotteita valmistetaan. Koska erilaisia tuotevariaatioita voi olla paljon, vaatii tällainen myyntiorganisaatoratkaisu yhdeltä myyjältä monialaista osaamista. Asiakaskohtaisen jaon lisäksi myynti on jaettu kotimaan- ja ulkomaanmyyntiin sekä tuotekohtaisesti pelti- ja lasimyyntiin. Lasimyyntin osalta myynti on jaettu vielä rakennus- ja ajoneuvopuoleen. Näin on taattu paras osaaminen kaikille sektoreille.

Lasi- ja peltitoimituksissa sekä keskeisissä materiaalihankinnoissa on luotettu muutama suureen alan toimijaan. Näin on varmistuttu siitä, että raaka-aine on aina tasalaatuisuista ja soveltuu korkean laatutason tuotteisiin. Omien tuotteiden toimittajiksi on puolestaan valikoitunut sellaisia logistiikka-alan osaajia, joiden on todettu parhaiten vievän tuotteen ehjänä perille. Näin on välttytty suurilta korvausvaatimuksilta, kun tuote on voitu ehjänä asentaa käyttökohteeseensa.

Kilpailijoihin nähden uniikeinta on se, että yrityksessä on usein kyetty jo ennakkoon näkemään, mihin oma ala on menossa ja mikä on seuraava suuri kehitystrendi. Näin on kyetty tekemään tarpeelliset investoinnit tuotantokoneisiin ja aloittamaan valmistus alan eturintamassa. Investoinnit on mahdollistanut tasainen tulorahoitus ja rauhallinen osinkopolitiikka, jossa rahaa on jätetty myös yrityksen kasvun takaamiseen, eikä otettu kaikkea saatavissa olevaa rahaa pois yrityksen toiminnasta. Näin yritys on aina tullut

laajojenkin investointien osalta toimeen tulorahoituksella, eikä vieraan pääoman määrä ole koskaan ollut suuri. Tämä on iso ero moniin muihin alan yrityksiin, joilla omavaraisuusasteet ovat etenkin nyt 2010-luvulla laskeneet paljon. Jaakko-Tuotteen toiminnassa on myös ollut erityistä, ettei yhtään tappiollista tilikautta ole vielä ollut vuoden 2015 loppuun mennessä.

2.4. Miksi yrityksestä tuli kasvuyritys ja millaisiin vaiheisiin kasvu voidaan jakaa?

Jaakko-Tuotteessa lähdettiin heti liikkeelle ajatuksella, että kasvu on tärkeää. Tämä on aikanaan ollut tärkeä ja keskeinen asia yrityksen myönteiselle kehitykselle. Ala oli kehittyvä ja kysyntää tuotteille löytyi heti. Suomessa toimi 1970-luvulla Lasitukuniminen yritys, joka toimi välittäjänä lasia tarvitseville yrityksille. Jaakko-Tuote sai myytyä tuotteitaan tukkuun, mikä mahdollisti kasvu-uralle pääsyn heti ensimmäisinä vuosina. Tällöin oli paremmin mahdollista lähteä tekemään investointeja ja tuoda kaivattua työtä paikkakunnalle. Samalla voitiin aikojen saatossa irtautua Jaakko-Tehtailta hankituista vuokratiloista, jotka eivät pitkällä tähtäimellä olleet toimiva ratkaisu yritykselle. (Harjunpää 2009, s. 78–79)

Muutaman ensimmäisen kasvun vuoden jälkeen yritys alkoikin rakentaa Paneliaan ensimmäistä tehdashalliaan 1976. Yritys osti Uusi-Jaakkoloilta tonttimaata ja rakensi ensimmäisen 3 825 neliömetrin kokoisen hallinsa. Tilaa oli nyt huomattavasti enemmän kuin aluksi vuokralla. Tämä mahdollisti uusien koneiden hankinnan ja toiminnan laajentamisen uusiin tuotteisiin niin lasi kuin peltipuoella. (Harjunpää 2009, s. 80)

Yrityksen kasvun mahdollistaneet seikat voidaan jakaa pääasiassa kolmeen osaan, joita ovat laaja konekanta, osaava henkilökunta ja toimiminen alan eturintamassa. Laajalla konekannalla tarkoitetaan tuotantoon hankittuja erilaisia lasinjalostus- ja peltikoneita, joita viimeisimmässä koneluettelossa on jo lähes 300. Näillä koneilla voidaan valmistaa monenlaisia lasi- ja peltialalla kehitettyjä tuotevariaatioita. Jaakko-Tuote onkin siinä mielessä erikoinen yritys alallaan, että harvalla yrityksellä on niin laajaa tuotevalikoimaa kuin heillä. Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita VR:n juniin suunnitellut lasit, jotka Jaakko-Tuote pääasiassa yksinoikeudella tällä hetkellä toimittaa. Yrityksessä on itse suunniteltu ja kehitelty koneet tähän tuotantoon.

Toinen kasvun mahdollistanut tekijä on ollut alusta asti osaava henkilökunta. Harjunpää sai perustamaansa yritykseen juuri ne avainhenkilöt, jotka hän halusi kehittämään yrityksen tuotantoa ja toimihenkilöpuolta. Nämä henkilöt saatiin sitoutettua yrityksen palvelukseen jo vuokratiloissa toimimisen aikaan ja uutta henkilöstöä voitiin palkata heti, kun ensimmäinen oma tehdashalli valmistui. Henkilöstömäärän kasvaessa työtehtäviä voitiin myös jakaa ja kohdistaa tiettyjä vastuualueita uusille ihmisille.

Kolmas kasvun tekijä on ollut toimiminen alan eturintamassa. Uusia tuotteita on testattu ensimmäisten joukossa, jolloin on päästy täyttämään asiakastarpeita ennen kilpailijoita. Samalla yrityksen oma kokemus on karttunut ja pahimmat sudenkuopat on jo väistetty, kun toiset yritykset vielä opettelevat valmistusta. Uudet tuotekategoriat tarkoittivat lähes välittömästi nousua uudelle liiketoiminnan tasolle.

Kun Jaakko-Tuote oli vuoden 1976 jälkeen päässyt muuttamaan uusiin, laajempiin toimitiloihin, alkoi kattopeltituotteiden teko laminoidun lasin rinnalla. Kattoprofiilimalleja oli aluksi kaksi ja jalostuskoneet itse tehtyjä. Kattopelti sai omat myyjänsä ja toiminta toi pienikatteista liikevaihtoa lisää. Samalla myös lasin ja yrityksen suunnittelemien leikkauspöytien kysyntä lisääntyi ja yrityksen kokonaisliikevaihto kasvoikin nelinkertaiseksi vuosien 1976 ja -77 aikana. (Harjunpää 2009, s. 81–84)

Toinen kasvun vaihe liittyi vuonna 1986 hankittuun ensimmäiseen lasin karkaisukoneeseen. 1980-luvulla karkaistusta lasista alkoi tulla kyselyjä yritykseen, joten Jaakko-Tuotteessa alettiin tutkia mahdollisuutta ensimmäisen oman karkaisukoneen hankkimiseen. Toimittajaksi valikoitui monien vaiheiden jälkeen yhdysvaltalainen Glasstech, josta tuolloin hankittu kone on edelleen käytössä. Karkaisukoneen hankinta osui hyvään aikaan, koska tieto kulki alalla nopeasti ja koneen tuottama lasi soveltui myös osaksi laminoituja kokonaisuuksia. Tästä syystä liikevaihdon kasvuvauhti oli 20 prosenttia 1980-luvun viimeisinä vuosina. Myöhemmin samalta toimittajalta on hankittu lisääkin koneita ja niitä on tällä hetkellä käytössä viisi. (Harjunpää 2009, s. 95–96 ja 101)

Kolmas ja viimeisin suurempi kasvun vaihe liittyi isojen ajoneuvolasien valmistuksen aloittamiseen eli 1992 linja-auton tuulilasien ja 1998 sivulasien valmistukseen. Tuulilasien valmistukseen tarvittiin isompia taivutusuuneja kuin perinteisten ajoneuvolasien, mutta yrityksestä löytyi osaamista tällaisten kehittämiseen. Erilaisia taivutusmuotteja on kehitetty noin 160 erilaiseen linja-autotyyppiin ja uuneja on käytössä useita. Alun alkaen yrityksessä ei pitänyt lähteä sivulasipuolelle ollenkaan, mutta koska asiakas halusi ostaa kaikki lasinsa samalta toimittajalta, oli sivulasipuoltakin harkittava. Näin yritykselle hankittiin taivutettavien karkaistujen lasien valmistukseen uusi karkaisukone. Sivulasipuolelle lähteminen osoittautui hyväksi ratkaisuksi ja nopeutti liikevaihdon kasvua heti ensimmäisinä vuosina. Taivutuskarkaisuun investoiminen maksoi siis itsensä nopeasti takaisin. (Harjunpää 2009, s. 99–100 ja 105–106)

2000-luvun kasvun on mahdollistanut tuotantokapasiteetin lisääntyminen niin lasi- kuin peltipuolellakin. Samalla on vielä hallitusti lisätty tuotevariaatioita uusiin lasituotteisiin ja peltiprofiileihin. Lasipuolelle keskeisimmät muutokset ovat olleet eristyslasien ja sähkölämmitteisten lasien valmistuksen aloittaminen ja uusien tuotantokoneiden hankinta jo olemassa olleisiin jalostusosastoihin. Peltipuolelle puolestaan on hankittu viimeisimpänä tiilikuvion ja lukkosaumakatepellin jalostukseen soveltuvat koneet.

3. Kirjallisuuskatsaus

Diplomityön kolmannessa luvussa luodaan kirjallisuuskatsaus työhön soveltuvaan tuotannonohjauksen teoriaan. Pääpaino on lean-filosofiassa, sen erilaisissa toimintamalleissa ja yleisemmin tuotannonohjausjärjestelmän määrityksissä. Luvun lopuksi tarkastelemaan otetaan myös six sigman ja joustavan tuotannon periaatteet leanin näkökulmasta.

3.1. Lean-ajattelun historiallinen tausta

Leanin alkuperä on Japanissa ja Toyotan tuotantojärjestelmässä (TPS, *engl. Toyota Production System*), jonka pioneereina toimivat japanilaiset insinöörit Taiichi Ohno ja Shigeo Shingo. He ihailivat Henry Fordin suorituksia kapasiteetin maksimoimiseksi ja varastoinnin vähentämiseksi sekä loivat Toyotalle tältä pohjalta uusia toimintamalleja. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 9) TPS on rakennettu JITistä, nollavarastoista, japanilaisista tuotantotekniikoista ja kunnioituksesta ihmiseen, ja niissä keskitytään työntekijöiden aktiiviseen osallistumiseen ja turhan liikkeen vähentämiseen. JIT eli just-in-time tarkoittaa suomeksi juuri oikeaan aikaan. Se on lean-filosofia, jossa korostetaan sitä, että asiakkaalle tarjotaan sitä, mitä asiakas haluaa, milloin hän sen haluaa ja millaisen määrän hän sitä haluaa. Toyota kykeni tuottamaan autoja kilpailijoitaan vähemmällä varastoilla, ihmisten panoksilla, investoinneilla ja virheillä sekä esitteli suuremmalla ja aina kasvavalla nopeudella uusia tuotteita (Bhamu & Sangwan 2014, s. 876–877). Toyotan tuotantojärjestelmä alkoi saada maailmanlaajuista huomiota 1980-luvulla, jolloin huomattiin tämä japanilaiseen laatuun ja tehokkuuteen liittynyt erityisyys (Liker 2013, s. 3).

Yleinen termi LM (lean manufacturing) eli lean-tuotanto tuli käyttöön kansainväliseen autoteollisuuteen keskittyneen kehittämisohjelman kautta MIT-tutkijoiden esittelemänä. Ohjelman tavoitteena oli selvittää syyt merkittävään tuotannolliseen eroon länsimaisten ja japanilaisten autonvalmistajien välillä ja tulokset esiteltiin kirjassa *The Machine that Chanced the World* (Womack et al. 1991). John Krafcik oli ensimmäinen amerikkalainen insinööri, joka palkattiin Toyotan ja General Motorsin NUMMI-yhteistuotantoyksikköön Yhdysvalloissa ja toi lean-tuotannon esille maailman johtamiskirjallisuudessa. (Womack et al. 1991, s. 6) Lean nähtiin ennen kaikkea vastakkaisena tuotantotapana Fordin autotehtaiden tuotantojärjestelmään (Bhamu & Sangwan 2014, s. 876).

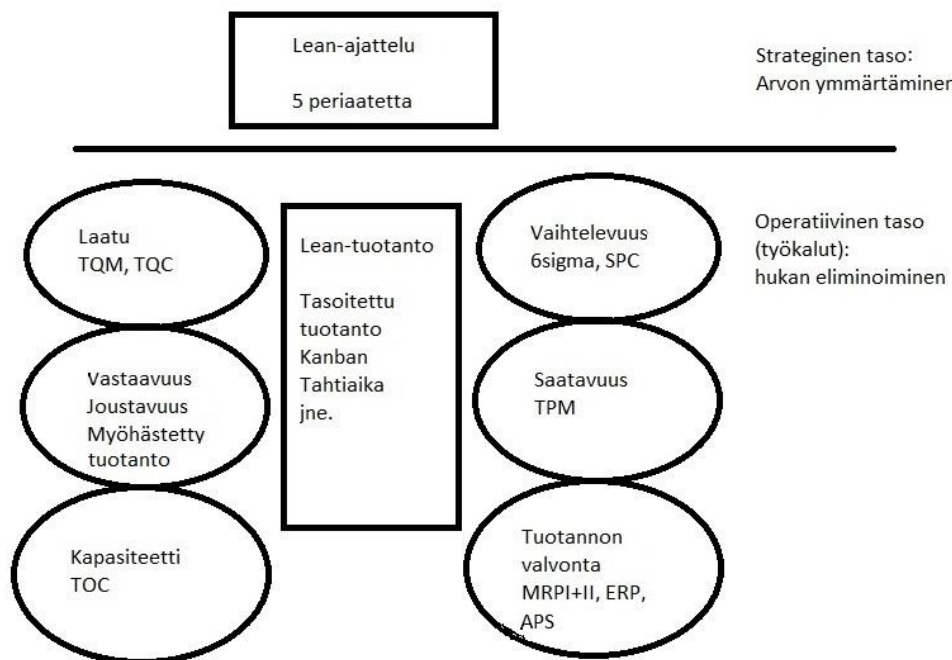
Perinteinen amerikkalainen tuotantofilosofia perustui ”erä ja jono” -konseptiin. Tässä on ennen kaikkea kyse siitä, että jokaisesta koneesta tai työntekijästä saadaan suurin mahdollinen tuotanto pienimmillä mahdollisilla kustannuksilla. Toinen keskeinen tekijä liittyy aikataulujen joustavuuteen. Kun kaikki saman osaamisalueen ihmiset ovat samalla

alueella, työn suunnittelu ja aikatauluttaminen helpottuvat. (Liker 2003, s. 90–91) Tässä ajattelussa asetusajat ja vaihdosten määrä tekevät pienistä eristä epätaloudellisia. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 9) Lean ajattelun näkökulmasta tällaisessa tuotantojärjestelmässä on kuitenkin kaksi perimmäistä ongelmaa:

- Ensiksi, komponenttien tuottaminen suurissa eräkoissa johtaa suuriin varaston määriin, mikä sitoo korkeita pääomia, kalliita varastotiloja ja johtaa suureen virheiden määrään.
- Toiseksi, yritys on kyvytön vastaamaan asiakkaiden mieltymyksiin tuotteiden vaihtelevuudesta. (Holweg 2007, s. 422)

Leania on alun alkaen lähestytty kahdesta näkökulmasta, joita ovat filosofinen ja käytännöllinen lähestymistapa. Filosofisesta näkökulmasta on puhuttu ohjaavista periaatteista ja kokonaisvaltaisista tavoitteista. Käytännöllisessä näkökulmasta puhutaan puolestaan johdon toimista, käytettävistä työkaluista tai tekniikoista, joita voidaan havainnoida suoraan. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 876)

Toisessa jaossa lean jaetaan strategiseen ja operatiiviseen osaan. Asiakaskeskeinen strateginen ajattelu soveltuu kaikkialle, lattiatason työkalut puolestaan eivät. (Hines et al. 2004, s. 1006) Kuvassa 1 on esitetty tarkemmin tämä jaottelu, jossa ylimmällä strategisella tasolla ovat lean-ajattelun viisi perusperiaatetta. Alemmalla operatiivisella tasolla ovat kaikki ne työkalut, joita leanissa voidaan käyttää hukan vähentämiseen. Oletuksena on, että samalla kyetään kasvattamaan asiakasarvoa, eikä muutenkaan toimita ristiriidassa leanin periaatteiden kanssa.



Kuva 1. Lean-toimintamalli (mukaillen Hines et al. 2004, s. 1007)

Kuvan 1 mukaiset leanin viisi perusperiaatetta ovat:

1. Asiakasarvon ymmärtäminen: Vain asiakkaan arvona näkemät asiat ovat tärkeitä.
2. Arvovirta-analyysi: Prosessi analysoidaan siinä tarkoituksessa, että löydetään arvoa tuottava ja toisaalta arvoa tuottamaton osa. Tuottamaton osuus pyritään joko muuttamaan tai kokonaan eliminoimaan prosessista.
3. Virtaus: Jatkuva virtaus ennemmin kuin tavaran kuljettelu isoissa erissä.
4. Imuohjaus: Vain todellinen kysyntä ohjaa prosessin kulkua alavirtaan.
5. Täydellisyys: Pyritään jatkuvaan parantamiseen. (Andersson et al. 2006, s. 288)

Prosessilla tarkoitetaan sitä, että jotain viedään eteenpäin, jolloin jotain myös jalostuu. Prosessin jalostusyksiköstä käytetään nimeä virtausyksikkö. Virtausyksikkö voi olla tilanteesta riippuen materiaalia, informaatiota tai ihmisiä. Prosesseja määritettäessä on tärkeää ottaa tarkastelussa huomioon juuri virtausyksikön näkökulma. Prosessille on myös määriteltävä tarkat rajat, jotta prosessin läpimenoaika kyetään mittaamaan. (Modig & Åhlström 2013, s. 19–23)

3.2. Asiakasarvo

Moderni markkinapaikka on yleisesti kategorisoitu useilla sektoreilla hyperkilpailuksi. Hyperkilpailua on ajanut eteenpäin kahden makrotalouden voiman eli tarjonnan ja kysynnän yhdistelmä. Tarjonnan puolelta ympäristötekijät, kuten kasvava globalisaatio ja kaupan rajoitusten purkaminen, ovat vapauttaneet markkinoita suurelle määrälle uusia yrityksiä. Kysynnän puolelta asiakkaat, joiden valinnanvapaus on lisääntynyt huomattavasti, vaativat entistä aktiivisemmin aina parempaa ja parempaa arvoa valitessaan tuotteita ja palveluita. Yrityksillä on näin tarve ymmärtää se, mitä asiakkaat arvostavat yhdistettynä siihen, miten parhaiten optimoida omia prosesseja pärjätäkseen kilpailussa. (Hu et al. 2015, s. 980)

Asiakasarvosta käytetään nimeä asiakkaan ääni (Voice of the Customer VoC). Asiakkaan äänen ymmärtäminen auttaa ohjaamaan yrityksen strategiaa, koska tunnistamalla kriittiset menestystekijät ja mittarit organisaatio voi toimia joustavasti ja saavuttaa todellisen kilpailuedun. (Found & Harrison 2012, s. 251–252) Se vaatii sen ymmärtämistä, miksi asiakas tekee hankintoja, jatkaa hankintoja tai hylkää yrityksen. Yrityksille on oleellista löytää sellaiset asiakkaat, jotka ovat tuottavia ja joiden myyntiä on mahdollista kasvattaa ja toisaalta myös sellaiset asiakkaat, jotka ovat yritykselle tappiollisia. (Simchi-Levi 2010, s. 19)

Asiakasarvo määritetään loppuasiakkaan näkökulmasta. Tämä eroaa monesti siitä, miten yritykset itse näkevät arvon lähes pelkästään sisäisten toimintojensa kautta. Jos halutaan muuttaa tämä toimintamalli asiakasorientoituneeksi, tarkoittaa se koko liiketoimintaprosessin tarkastelua uudella tavalla. Tämä vaatii jatkuvaa ja säännöllistä kommunikointia

asiakkaan suuntaan. Sisäiset ja ulkoiset koulutukset ovat tärkeitä, jotta työntekijät oppivat uusien työkalujen ja tekniikoiden käyttöä. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 916)

Asiakasarvo koostuu esimerkiksi innovaatioista, laadusta, saatavuudesta, luotettavuudesta, toimitusten suorituskyvystä, hinnoista ja brändistä, jälkimarkkinapalveluista sekä lopulta asiakassuhteista ja kokemuksista (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 8 ja Simchi-Levi 2010, s. 21). Tuoteominaisuudet vaikuttavat paljolti siihen, mitä näistä asiakas pitää tärkeänä. Esimerkiksi hidas innovaatiovauhti, vähäinen vaihtelevuus ja tyypillisesti pienet tuotot ovat funktionaalisille tuotteille tyypillisiä ominaisuuksia. Toisaalta taas innovatiivisille tuotteille on tunnusomaista nopea innovaatiovauhti, lyhyet tuotteiden elinkaaret, korkea tuotevaihtuvuus ja suhteellisen korkeat tuotot. (Simchi-Levi 2010, s. 21–22)

Asiakasarvo toimii kahdessa osassa. Nämä osat ovat:

1. Asiakasarvon määrittäminen ja mittaaminen: tässä määritetään se, mitä asiakas arvostaa ja odottaa tuotteelta/palvelulta. Tämä saavutetaan tunnistamalla arvon kriteerit ja ymmärtämällä odotukset valituissa kosketuspinnossa asiakkaan liiketoiminnan kanssa.
2. Asiakastyytyväisyyden määrittäminen ja mittaaminen: kun asiakas on vastaanottanut tuotteen tai palvelun, malli mittaa todellista suoriutumista odotuksiin nähden. Tämä on arvokasta tietoa, jotta yrityksessä voidaan pohtia asioita, kuten markkinointimixiä, uutta tuote/palvelukehitystä ja strategiaa. Samalla tunnistetaan, mitä liiketoiminnassa pitää muuttaa usein monella eri tasolla, jotta asiakkaan laatuksiteoreihin pystytään entistä paremmin vastaamaan. (Found & Harrison 2012, s. 258)

Asiakasarvolla on siis yhtymäkohtansa laatujohtamiseen. Yleinen lähestymistapa tässä on tarkkailla huonon laadun kustannuksia. Laatujohtamista voidaan lisäksi tarkastella tavoitteiden näkökulmasta. Esimerkiksi asiakastyytyväisyydellä on havaittu olevan selkeä yhtymäkohta markkina-arvoon ja taloudellisiin tuloksiin. (Andersson et al. 2006, s. 285)

Asiakasarvo voi olla kuitenkin hankalaa määrittää. Osittain syynä on se, että useimmat tuottajat haluavat tehdä juuri sitä, mitä tekevät tälläkin hetkellä, ja toisaalta myös monet asiakkaat lähtökohtaisesti haluavat ostaa niitä tuotteita, joita ostavat tälläkin hetkellä. Käytännössä arvon määrittämiseen lähdetään väärällä tavalla vääristä lähtökohdista. Sitten, kun lopulta aletaan miettiä arvojen uudelleenmäärittystä, päädytään helppoihin ratkaisuihin, kuten halvempiin kustannuksiin, kustomoinnin lisäämiseen ja välittömiin toimituksiin, enemmän kuin yhdessä analysoitaisiin arvoa ja haastettaisiin vanhoja toimintamalleja. (Womack & Jones 2003, s. 31)

3.3. Lean-tuotanto

2000-luvun tuotanto voidaan kategorisoida kustomoitujen tuotteiden valmistukseksi. Tämä on johtanut monimutkaiseen tuotannon suunnitteluun tehden massatuotteiden valmistamisesta vaikeaa. Monet organisaatiot etenkin autoteollisuudessa ovat kamppailleet uuden asiakasvetoisen ja globaalisti kilpaillun markkinan takia. Nämä asiat ovat asettaneet organisaatiot uuteen tilanteeseen, jossa ne joutuvat etsimään uusia työkaluja ja toimintamalleja pystyäkseen jatkossakin toimimaan muuttuneessa toimintaympäristössä. Kun osa yrityksistä kykeni edelleen kasvamaan tasaisessa taloustilanteessa, olivat monet organisaatiot siinä tilanteessa, että niillä oli suuria haasteita muuttuneissa asiakastarpeissa ja kustannusrakenteissa. Moni organisaatio alkoi soveltaa lean-tuotannon periaatteita. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 876)

3.3.1. Lean-työkalut

Lean tarjoaa tuotannon kehittämiseen työkaluja, joita ovat JIT, autonomaatio, kokonaisuottavuuden hallinta (TPM), arvovirtakuvaukset (VSM) ja kaizen eli jatkuva parantaminen. Työkalut on tarkemmin esitelty taulukossa 1. (Belekoukias et al. 2014, s. 5346–5347)

Leanilla on monia niin kvantitatiivisia kuin kvalitatiivisia etuja. Eduiksi voidaan nähdä esimerkiksi kasvanut työntekijöiden moraali, tehokas kommunikointi, tyytyväisyys työhön, standardoitu puhtaanapito ja tiimityöskentely. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 876) JIT vähentää varastojen tarvetta, käytetyn tilan määrää ja myös mahdollisia hukkia. Useimmin käytetyt työkalut tähän ovat yhden kappaleen virtaus, imuohjaus, tahtiaika, soluvalmistus, tasapainotettu tuotanto, kanban, visuaalinen ohjaus, useita töitä hallitsevat työntekijät ja JIT-hankinta. TPM (*engl. Total Productive Maintenance*) on lean työkalu, jonka tarkoituksena on optimoida ennaltaehkäisevien ja korjaavien toimenpiteiden tarvetta, jotta tuotannossa saavutetaan maksimaalinen tehokkuus ja tuottavuus tuotannollisista laitteista. TPM hyödyntää tässä esimerkiksi sellaisia työkaluja kuin itsenäinen ylläpito, 5S, laadun ylläpito sekä turvallinen ja hygieeninen toimintaympäristö. Autonomaatio, toiselta nimeltään jidoka, pyrkii puolestaan laatuvirheiden minimointiin keinoilla, jotka tuovat virheet esiin (*poka-yokes*) ja myös visuaalisilla hallintajärjestelmillä. Arvovirtakuvauksessa tarkastellaan ja mitataan hukkaa, joka prosessissa syntyy tehostomuudesta, epäluotettavuudesta ja tiedon, ajan, rahan, tilan, ihmisten, koneiden, materiaalin tai työkalujen puutteesta kaikkien prosessin vaiheiden aikana. Kaizenissa pääpaino on jatkuvissa ja pienissä parannuksissa, joilla vähennetään prosessissa olevaa hukkaa. Kun kaizen on saatu sitoutettua yrityksen kulttuuriin, kaizen toimii perustana kaikelle yrityksen lean-toiminnalle. (Belekoukias et al. 2014, s. 5346–5347)

Jatkuvan parantamisen prosessi voi johtaa yrityksessä moniin hyötyihin. Organisaation imago voi parantua johtaen mahdollisuuksiin lisätä tilauskantaa. Kun saavutetaan parempi koneiden käyttöaste, vähennetään virheitä ja tapaturmia, työntekijät saavat lisää

itseluottamusta omista taidoistaan ja organisaatiot myös huomaavat työntekijöiden merkityksen tuotannon suorituskyvyssä. Jatkuvan parantamisen toteuttaminen auttaa myös kohottamaan työntekijöiden motivaatiota. (Singh & Singh 2015, s. 79)

Taulukko 1. Lean tuotannon tärkeimmät työkalut (mukaillen Belekoukias et al. 2014, s. 5347).

JIT	TPM	Autonomaatio	VSM	Kaizen
Yhden kapaleen virtaus	Kokonaisvaltaisen tehokkuus	Virheiden osoitus (poka-yoke)	Nykytilan kartta	5S
Imuohjaus	Nopeat vaihdot (SMED)	Visuaalinen tarkastus	Tulevaisuuden kartta	Aivoriihi
Tahtiaika	5S	Kokonaisvaltaisen järjestelmä	Virtauskaaviot	Jatkuva virtaus
Solutuotanto	Itsenäinen ylläpito			Kanban
Tasapainotettu tuotanto	Suunniteltu ylläpito			Tarkastuslistat
Kanban	Laadun ylläpito			Viisi kertaa miksi?
Visuaalinen ohjaus	Tlkuvaiheen tarkastus ennen tuotannon aloittamista			Pareto-, virtaus- ja gantt-kaaviot
Monitaitoiset työntekijät	Turvallinen ja hygieeninen työympäristö			Arvovirtakuvaukset
JIT-hankinta				Prosessikartat

JITillä on voimakkain vaikutus laatuun. Laadun paraneminen varastoja pienentämällä voi tarkoittaa sitä, että virheet korostuvat paremmin. Tämä pakottaa yritykset reagoimaan niihin ja selvittämään perinpohjaisesti, mistä virheet johtuvat. Myös TPM parantaa laatua, mutta JITiä vähemmän. Laadun paraneminen johtuu ennen kaikkea siitä, että

koneet pyörivät optimoidulla tuotantotasolla kaiken aikaa. Kaizenilla on vähemmän suoranaista vaikutusta itse laatuun, mutta se tukee lean-periaatteiden toteutumista yrityksessä ja sitä kautta auttaa laadun ylläpidossa ja parantamisessa. Arvovirtakuvauksilla voi puolestaan olla jopa negatiivinen vaikutus laatuun, jos ne toteutetaan huonosti ja epätarkasti. (Belekoukias et al. 2014, s. 5356–5361)

JITillä on myös voimakkain vaikutus nopeuteen verrattuna muihin lean-työkaluihin. Vaikutus nopeuteen on myös suurempi kuin laatuun. Nopeuden parametrit liittyvät usein vaiheaikoihin, läpimenoaikoihin ja toimitusaikoihin, jotka pienenevät, kun JIT toteutetaan tehokkaasti. Myös autonomaatiolla on havaittu olevan positiivinen vaikutus nopeuteen. Virheiden, lisätyön ja huonojen tuotteiden valmistuksen ehkäisemisellä on voimakas vaikutus läpimenoaikoihin. (Belekoukias et al. 2014, s. 5361)

Myös käyttövarmuuden osalta JITillä on isoin vaikutus. Yksi keskeinen tekijä tässä on läheisyys toimittajiin. Toimitukseen oikeaan aikaan ja toimitusaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat myös laatuvirheet, jotka lisäävät lisätyön tarvetta ennen kuin tuotteet voidaan toimittaa eteenpäin asiakkaalle. Myös autonomaatio vaikuttaa prosessissa syntyvien virheiden määrään. (Belekoukias et al. 2014, s. 5361)

Joustavuutta on käytetty kirjallisuudessa paljon leanin toteutuksen mittarina. JITillä ja TPM:llä on havaittu olevan merkittävä vaikutus joustavuuden lisääntymiseen tuotannossa. Tämä johtuu etenkin alemmista varastotasoista, nopeudesta reagoida tuotannon muutoksiin ja sopeutumisesta uusiin markkinatrendeihin. (Belekoukias et al. 2014, s. 5362)

Kustannusrakenteiden osalta lean-työkaluista JITillä on voimakkain vaikutus kustannuksiin. Etenkin tuotannon aikaisen varastoinnin vähentyminen vaikuttaa positiivisesti kustannusrakenteeseen. Myös uudelleenlaatuun tuotantorakenteeseen, kuten soluvalmistukseen, panostamisella on positiivinen vaikutus yrityksen kustannusten hillintään. Autonomaatiollakin on positiivinen vaikutus tähän. Laatuvirheillä on isot kustannukset erilaisten uudelleen tekemisten, tutkimusten, myynnin jälkeisten palveluiden ja korvausvaatimusten osalta. Autonomaation kautta saavutettu hyvälaatuinen tuote tuo myös hyvää mainetta yhtiölle ja voi sitä kautta nostaa tuotteiden myyntiä merkittävästi. (Belekoukias et al. 2014, s. 5362)

3.3.2. Lean-filosofia

On tärkeää ymmärtää, miksi organisaatioiden on vaikeaa saada tuotannostaan tehokasta. Prosessit toimivat aina tiettyjen lainalaisuuksien kautta, ne ovat yleispäteviä ja ne voidaan myös tarvittaessa matemaattisesti todistaa. Prosessien kolme oleellista lakia ovat Littlen laki, pullonkaulojen laki ja laki vaihtelusta. Näihin lakeihin ja niiden aiheuttamiin ongelmiin lean-filosofia tarjoaa ratkaisuja. (Modig & Åhlström 2013, s. 31)

Ensimmäinen prosessilaki on Littlen laki. Prosessin läpimenoaika on keskeneräisten virtausyksiköiden määrä kerrottuna jaksonajalla. Keskeneräinen virtausyksikkö on sellainen, joka tietyllä ajanhetkellä on prosessin rajojen sisällä. Jaksonaika puolestaan on aika, joka kuluu kahden virtausyksikön prosessista poistumisen välillä. Läpimenoaika kasvaa siis sitä pidemmäksi, mitä pidempi jaksonaika on ja mitä enemmän prosessissa on keskeneräisiä virtausyksiköitä. (Modig & Åhlström 2013, s. 36)

Toinen prosessilaki on pullonkaulojen laki. Pullonkaulat ovat prosessin vaihteita, jotka hidastavat prosessin etenemistä, jolloin niiden eteen muodostuu jonoja. Prosessin seuraavat vaiheet joutuvat myös odottamaan vuoroaan, jolloin niiden käyttöaste ei ole maksimaalinen. Prosessin läpimenoajalle keskeinen tekijä onkin juuri prosessin hitain vaihe. Pullonkauloista on kuitenkin huomioitava, että vaikka yksi pullonkaula saataisiin eliminoidua, prosessissa on tällöinkin hitain tuotantovaihe, joka toimii kuristavana tekijänä. Se vain siirtyy paikasta toiseen. Syitä on ensisijaisesti kaksi. Ensinnäkin prosessi on aina tehtävä tietyssä järjestyksessä. Toiseksi prosessissa on vaihtelua. (Modig & Åhlström 2013, s. 37–39)

Prosessien kolmas laki liittyy vaihteluun. Prosesseissa on aina vaihtelua ja syyt voidaan jakaa kolmeen osatekijään, joita ovat resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Virtausyksiköstä riippumatta vaihtelun lisääntyminen näkyy läpimenoaikojen kasvuna. Vaihtelu kasvaa käyttöasteen funktiona. Mitä isompi on käyttöaste, sitä suuremmaksi myös vaihtelu muodostuu. (Modig & Åhlström 2013, s. 40–43)

Lean-tuotantofilosofia perustuu pieniin eräkokoihin ja parhaimmillaan vain yhden kappaleen virtaukseen prosessissa kerrallaan. Tuotanto perustuu imuohjaukseen, jossa vasta todellinen asiakastarve johtaa tuotannon aloittamiseen eli käytetään make-to-order-periaatetta. Lean tuotannon tavoitteena on hukan (Japaniksi muda) vähentäminen, jotta kaikissa tuotannon vaiheissa luodaan vain todellista arvoa. Pyrkimykset tähän voidaan jakaa jatkuvaan parantamiseen eli kaizeniin ja radikaaleihin kehitysaskeliin eli kaikuun. Lopulta tavoitteena on täydellisyys ja tie siihen on loputon. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 9–10) Harvoin pystytään täysin tällaiseen yhden kappaleen virtaukseen, vaan tuotannosta riippuen myös ”erä-jono” tyyppiset toimintamallit ovat tarpeellisia, vaikka joiltain osilta päästäisiin yksittäisen tuotteen virtaukseen.

Virtauksessa raaka-aineita prosessoidaan lopputuotteiksi yksi operaatio tai yksi tuote kerrallaan. Tämä on vastakohta ”erä-jono”-systeemiin, jossa suuret erät prosessoidaan kerralla ja koko erä siirtyy tuotannossa eteenpäin vasta, kun kaikki erän osat on saatu käsiteltyä. Perinteisissä tuotantoympäristöissä tällainen toimintatapa ajattelee ennen kaikkea tuottajan etua, kun taas jatkuvassa virtauksessa vastataan parhaiten asiakkaan asettamiin vaatimuksiin. (Emiliani 1998, s. 621–622)

Leanin kannalta on oleellista tehdä ero resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden välille. Resurssitehokkuus on tuotannollisesta näkökulmasta tehokkuuden perinteinen muo-

to, jossa pääpaino on resurssien mahdollisimman tehokkaassa hyödyntämisessä. Siinä mitataan sitä, kuinka paljon resurssia käytetään verrattuna tiettyyn ajanjaksoon. Teollisuuden pääpaino on viimeisten vuosisatojen aikana pääasiassa perustunut juuri tämänkaltaiseen tuotannolliseen tehokkuuteen. Tärkeää tässä on tehtävien jakaminen osiin ja vastuiden jakaminen eri ihmisten ja organisaatiossa eri funktioiden hoidettavaksi. Samalla voidaan saavuttaa mittakaavaetuja ja sitä kautta kustannussäästöjä, kun ihmiset tai organisaatiot on saatu tekemään samoja asioita tehokkaasti kaiken aikaa. (Modig & Åhlström 2013, s. 9–10)

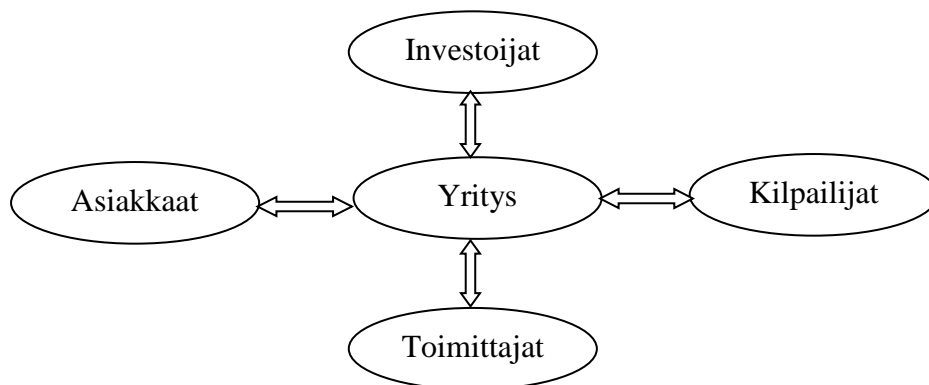
Virtaustehokkuus on puolestaan uudempi tehokkuuden muoto, jossa keskiöön nostetaan itse prosessissa virtaava yksikkö eli ihminen, tuote tai informaatio. Siinä mitataan sitä, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tietyn ajanjakson aikana. Ajanjakso, jota seurataan, alkaa siitä, kun tarve huomataan ja päättyy, kun tarve on tyydytetty. (Modig & Åhlström 2013, s. 13-14)

Yksi leanin elementti on prosessien kolmannessa laissa kuvatun vaihtuvuuden vähentäminen. Vaihtuvuus tarkoittaa kysynnän vaihtuvuutta, tuotannon vaihtuvuutta sekä toimittajan vaihtuvuutta. Tuotannon vaihtuvuus ei tarkoita pelkästään laadun vaihtuvuutta, vaan myös työskentelyaikojen, katkosten ja osaamisen vaihtuvuutta. Lean johtamisessa pyritään tällaisen vaihtuvuuden vähentämiseen standardoimalla työtehtäviä. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 10) Työtehtävien standardointi on työn kehittämistä siten, että samat työtehtävät tehdään aina samalla tavalla. Standardityö viittaa itse työhön, työn ositukseen, käytettäviin työkaluihin, materiaaleihin ja myös käytettävissä olevaan aikaan jonkin tehtävän suorittamiseen. (Byrne 2013, s. 42) Toimittajan vaihtuvuudella tarkoitetaan puolestaan epävarmuutta laadussa ja toimitusajoissa. Vähennystä tähän voidaan hakea esimerkiksi kumppanuuksilla ja muilla yhteistyön muodoilla. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 10)

Laadunhallinta perustuu nollavirhetason eli ZQC:n (*engl. Zero Quality Control*) periaatteeseen, jonka osa-alueita ovat virheiden osoittaminen, toiminnan tutkimus, automaattinen valvonta, tuotannon pysäyttäminen välittömästi virheen ilmetessä sekä asetusten laadun valvominen. Tyypillisesti valvominen on nopeaa, jossa vain päätetään, eteneekö asia eteenpäin vai ei. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 10)

Nollavirhetaso voi olla hankalaa saavuttaa, koska virheitä tehdään joka tapauksessa aina. Samoja virheitä ei enää toisteta, koska nämä ovat eräitä hukan lajeja, joita lean-tuotantofilosofia ja sen metodit pyrkivät eliminoimaan. Organisaation on opittava ajattelemaan uudella tavalla, mikä vaatii kulttuuria, joka perustuu luottamukseen, jaettuun vastuuseen ja avoimuuteen kokeilla ilman pelkoa tehdä virheitä. Yritykset, jotka eivät kykene tähän oppimiseen ja muuttamaan toimintatapojaan, riskeeraavat koko tulevaisuuden olemassaolonsa. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 10)

Kuva 2. osoittaa kaikki ne toimijat, jotka yritysjohtoon on otettava huomioon päätöksenteossaan. Johdon on ymmärrettävä kaikki ne prosessit, jotka liittyvät näihin toimijoihin eli mitä ne haluavat, mitä tietoa ne tuottavat ja se käyttäytyminen, mitä kunkin suhteen ylläpitämiseen tarvitaan. Kaikki nämä suhteet on hallittava järkevästi hukan minimoimiseksi ja hyödyn maksimoimiseksi. Toiminnan on oltava tasapainossa, koska yhden osapuolen suosiminen johtaa toisen osapuolen huonompaan huomioimiseen, mikä taas usein tarkoittaa huonompaa laatua, myöhästymisiä, huonompaa taloudellista tulosta tai heikkoa asiakastytytyvääisyyttä. (Emiliani 1998, s. 615–616)



Kuva 2. Liiketoiminnan sidosryhmät (mukaillen Emiliani 1998, s. 616).

Lean-filosofiassa johdon huomion pitää siirtyä nykyisten toimintojen ylläpitämisestä innovaatioiden johtamiseen. Tämä tarkoittaa ensisijaisesti sitä, että toteutetaan nopeasti ja onnistuneesti uusia ja tehokkaampia toimintoja, rakenteita ja systeemejä perustuen integraatioon eri organisaatioiden välillä. (Smeds 1994, s. 66)

Uusi tuotantojärjestelmä pitää ensin onnistuneesti toteuttaa, jotta sitä voidaan kutsua innovaatioksi. Vain innovaationa se voi parantaa yrityksen tuottavuutta. Innovaatiot koskevat niin prosesseja kuin tuotteita. Ne voidaan luokitella kuvan 3. mukaan inkrementaaleihin ja radikaaleihin uudistuksiin riippuen muutoksen luonteesta, jonka ne tuovat organisaatioon. Inkrementaalit innovaatiot parantavat vanhan tuotteen tai prosessin nykyistä rakennetta tai strategiaa. Radikaalit innovaatiot antavat kasvua uusille liiketoimintamahdollisuuksille, uusille strategioille ja rakenteille. Radikaalikaan innovaatio ei välttämättä tarkoita yhtä isoa hyppyä, vaan monia pienempiä muutoksia, jotka yhdessä vetävät organisaatiota uuteen suuntaan. (Smeds 1994, s. 67)

Innovatiivisissa organisaatioissa jokainen työntekijä pitäisi kouluttaa monitaitoiseksi. Jokaisen työtehtävän sisältöä tulisi laajentaa ja rikastaa, ja työtehtävien jatkuva kehittäminen on tärkeä osa työtä. Ne määrittävät myös ideaalin lean-työn. (Smeds 1994, s. 70–71) Lean-organisaatiossa työntekijät ottavat vastuuta, jotka ylittävät perinteiset tuotanto-tehtävien rajat (Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz 2012, s. 565). Lean-tuotanto lisää työn vaihtelevuutta, mikä tarkoittaa stressin vähentymistä ja autonomian lisääntymistä. Autonomian kohdalla on tehtävä ero vapaan autonomian ja vastuullisen autonomian välillä. Työntekijällä pitäisi olla vähän ensimmäistä eli vapautta valita toimintamallit ja

ajat ja toisaalta paljon jälkimmäistä autonomiaa, joka tarkoittaa vastuunjakoa ja osallistumista päätöksentekoon. (Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz 2012, s. 569)

<p>Tuote: fyysinen tuote tai palvelu, joka täyttää asiakastarpeen (liiketoimintaprosessien yhteinen tuotos)</p> <p>Prosessi: toisiinsa kytköksissä olevat liiketoiminta-aktiviteetit (ihmiset ja/tai koneet toteuttavat)</p>	<p>Inkrementaali innovaatio: sopii vanhaan strategiaan, rakenteeseen ja kulttuuriin</p>	<p>Radikaali innovaatio: vaatii uuden strategian, rakenteen ja kulttuurin</p>
	<p>Tuoteparannukset:</p> <p>-> laatu -> kustannukset</p>	<p>Uusi tuote:</p> <p>-> uusi strategia -> uusi rakenne -> uusi kulttuuri</p>
	<p>Prosessiparannukset:</p> <p>-> laatu -> tehokkuus</p>	<p>Uusi prosessi:</p> <p>-> uusi strategia -> uusi rakenne -> uusi kulttuuri</p>

Kuva 3. Innovaatioiden jaottelu (Smeds 1994, s. 67).

Inkrementaaleihin parannuksiin jokapäiväisessä toiminnassa rohkaistaan kokoamalla yksittäisiä tuotantotehtäviä autonomisiin soluihin, jotka tuottavat samoja lopputuotteita. Nämä solut ovat pysyviä rakenteita, joissa voidaan helposti havaita ongelmat ja mahdollisuudet, joita solun työssä ilmenee ja korjata niitä inkrementaalien parannusten kautta. Myös muiden yksiköiden vaikutus voidaan nähdä paremmin, mikä korostaa innovaatiomahdollisuuksia ketjun sisällä. (Smeds 1994, s. 71)

Osallistuminen on yksi pääperiaate, jota voidaan käyttää luomaan rakenteita ja tukemaan muutosta. Kun kaikki oleelliset yksilöt, jotka ovat osallisia tuotantoprosessissa, voivat osallistua prosessin uudelleensuunnitteluun alusta asti, yhdessä luodut ratkaisut ovat todennäköisesti sekä tuottavampia että lisäävät työtyytyväisyyttä ja muutostavarrinta voi myös olla vähäisempää. Osallistuminen on tärkeää myös toisesta syystä. Usein tärkeät innovaatiot kumpuavat poikkifunktionaalista kommunikoinnista ja organisaation tuotannon tasosta. (Smeds 1994, s. 71)

Jotta yritys pysyy leanina, on hyödyllistä ajatella leania jäävuorena. Teknologia, työkalut ja tekniikat, jotka vaikuttavat prosesseihin, ovat niitä, jotka näkyvät vedenpinnan yläpuolella. Kuitenkin iso osa jäävuoresta on pinnan alla näkymättömissä. Se on mahdollistava, ankkuroiva massa, joka tekee jäävuoresta vahvan voiman. Kaikkien jäävuoren mahdollistavien ominaisuuksien huomioiminen on välttämätöntä, jotta voidaan toteuttaa onnistunut ja kestävä muutos. (Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz 2012, s. 562)

Irtisanomiset eivät kuulu lean-periaatteisiin ja ne nähdään tuottamattomina toimina, koska osaavaa ihmistä ei enää olisi. Irtisanominen tehdään vasta, jos se on täysin pakollista, ja jos kaikki uudelleenkoulutukset epäonnistuvat. Leania voidaan myös soveltaa monilla muilla aloilla kuin pelkästään tuotannollisessa ympäristössä ja se toimii yhtä lailla esimerkiksi palveluympäristössä. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 11–12)

3.3.3. Hukan käsite ja sen tunnistaminen

Parantunut tuottavuus johtaa kilpailukykyisempiin operaatioihin, mikä helpottaa hukka- ja laatuongelmien parempaa tunnistamista prosessista. Siten systemaattinen hyökkäys hukkaan on myös systemaattinen hyökkäys niitä tekijöitä vastaan, jotka aiheuttavat heikkoa laatua ja perimmäisiä johtamisongelmia. Sisäisessä tuotantokonseptissa on kolmentyyppisiä toimintoja, jotka on otettava huomioon:

1. Ei-arvoa tuottava
2. Välttämätön, mutta ei-arvoa tuottava ja
3. Arvoa tuottava (Hines & Rich 1997, s. 46–47)

Ensimmäinen näistä on puhdasta hukkaa ja sisältää tarpeettomia toimintoja, jotka pitäisi eliminoida täysin. Esimerkkejä tästä ovat odotusaika, keskitasoisten tuotteiden kasaaminen ja käsitteleminen useampaan kertaan. Tarpeelliset, mutta arvoa tuottamattomat toiminnot saattavat olla hukkaa, mutta välttämättömiä nykyisessä tuotantojärjestelmässä. Esimerkkejä tästä voivat olla pitkien matkojen käveleminen osia hakien, toimitusten purkaminen ja työkalun siirtäminen kädestä toiseen. Jotta tällaisia toimintoja voitaisiin eliminoida, vaaditaan usein suuria muutoksia, kuten tuotannon layoutin muuttamista tai toimittajan toimitusten saapumista pakkaamattomina. Arvoa tuottavat toiminnot kattavat puolestaan kaikki ne toiminnot, jotka sisältyvät raaka-aineiden tai puolivalmiiden tuotteiden prosessoimiseen erilaisten työstövaiheiden kautta. Tämä sisältää toimintoja, kuten osien kokoonpano, raaka-aineiden muokkaaminen ja maalaustyö. (Hines & Rich 1997, s. 47)

Klassisessa tuotantoprosessissa osia valmistetaan nopeudella, joka sallii prosessikapasiteetin. Tällöin jätetään kuitenkin huomioimatta se, että seuraavat prosessit voivat olla hitaampia tai kokonaan pysähtyä, mikä aiheuttaa erilaisia tilanteita:

- Varastoitu materiaalinkulutus ei takaa FIFO-periaatetta, jolloin jäljitettävyyks katoaa
- Edeltävä prosessi voi tuottaa virheellisiä tuotteita ja varastoida niitä tunnistamatta ongelmia. Ennen kuin seuraava prosessi käyttää näitä osia, ongelma ei tule näkyväksi. Kaikki materiaalit, jotka on tuotettu näillä virheellisillä osilla, täytyy työstää uudelleen tai lopulta hävittää. Riski siitä, että koko tuotanto kärsii tai jopa pysähtyy tämän takia, on merkittävä. (Álvarez et al. 2009, s. 953)

Hukan perustyyppit kattavat virheet, uusintatyön, ylituotannon, kuljettamisen, odottelun, varastot, työntekijän tarpeettoman liikkumisen ja yliprosessoinnin. Hukan etsiminen on päättymätön prosessi ja sitä pidetään yhtenä harvoista asioista, jota tuottamattomat työntekijät voivat tehdä lisätäkseen arvoa lopputuotteelle. (Emiliani 1998, s. 618) Joissain malleissa on havaittu viisi uutta hukan lajia vanhan seitsemän rinnalle. Näitä ovat hukattu energia esimerkiksi silloin, kun koneet jätetään päälle, vaikkei niitä käytetäkään. Toinen uusi hukan laji on inhimillisen potentiaalin hukkaaminen, kun ihmisten kaikkea osaamista ei kyetä hyödyntämään. Kolmas hukka liittyy puolestaan ympäristön saastumiseen ja neljäs turhaan johdon määrään eli esimerkiksi liian moneen työnjohtajaan,

liian isoon tehtaaseen tai suureen toimistohenkilökunnan määrään. Viides uusi hukan laji on soveltumaton rakenne, jolla tarkoitetaan sekä tuotteen että tuotantojärjestelmän rakennetta. (Hines et al. 1998, s. 32–33)

Ylituotanto nähdään vakavimpana hukan lajina, koska se rajoittaa tuotteiden tai palveluiden tasaista virtaa ja todennäköisesti estää laatua ja tuottavuutta. Ylituotanto johtaa usein myös pitkiin läpimeno- ja varastointiaikoihin. Tämän seurauksena virheitä ei välttämättä huomata ajoissa, tuotteet saattavat huonontua ja keinotekoinen paine työtahdin kasvattamiseen kehittyä. Ylituotanto johtaa suureen keskeneräisen tuotannon määrään, minkä tuloksena työn sijoittelu ja kommunikointi heikentyvät. (Hines & Rich 1997, s. 47–48)

Odottelua syntyy aina, kun tavarat eivät liiku tai niitä ei työstetä. Tämä hukka vaikuttaa niin tavaroihin kuin työn tekijöihin, koska kummatkin kuluttavat aikaansa odottamiseen. Ideaalitilanteessa odottelua ei ole ollenkaan, jolloin virtaus on nopeampaa. Odotusaikaa voitaisiin myös käyttää harjoitteluun, ylläpitoon tai kaizen-toimintoihin, eikä sen pitäisi johtaa ylituotantoon. (Hines & Rich 1997, s. 48)

Kuljettaminen tarkoittaa tavaroiden liikuttelua tehtaalla. Äärimmilleen vietynä jokainen liike tehtaalla on hukkaa, joten usein tarkastellaankin vain kuljettamisen minimointia ennemmin kuin täyttä poistamista. Kaksinkertainen käsittely ja liiallinen liikkuminen aiheuttavat todennäköisesti vahinkoa. Huonontuneen yhteydenpidon sekä lisääntyneiden välimatkojen myötä aikaa kuluu enemmän palautteen saamiseen heikkolaatuisista tuotteista ja korjaavia toimenpiteitä on hitaampaa toteuttaa. (Hines & Rich 1997, s. 48)

Kuljettamisen eliminoimisessa on tärkeää tehdä ero kuljettamisen järjeistämisen ja kuljettamistarpeen vähentämisen välille. Kuljettamisen automatisointi on hienoa, mutta kuljettamistarpeen eliminointi on paljon parempaa. Esimerkiksi, jos koneet voidaan järjestää yhteen solutyypin layoutiin, tuotevirtauksen fyysinen yhteys tekee tarpeettomaksi nopeammat kuljetusratkaisut. (Karlsson & Åhlström 1996, s. 28)

Tarpeeton prosessointi ilmenee tilanteissa, joissa on löydetty aivan liian monimutkainen ratkaisu yksinkertaiseen asiaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että käytetään suurta, joustamatonta konetta sen sijaan, että käytettäisiin useampia joustavia ja pieniä koneita. Liiallinen monimutkaisuus johtaa usein ylituotantoon, jotta kallis investointi koneeseen saadaan katettua. Tällainen lähestymistapa rohkaisee huonoon layoutiin, mikä taas aiheuttaa kuljettamista ja huonoa kommunikaatiota. Ideaalitilanteessa on mahdollisimman pieniä koneita, joilla kyetään tuottamaan tarvittava laatu ja ne sijaitsevat lähellä edellisten ja seuraavien työvaiheiden koneita. (Hines & Rich 1997, s. 48)

Tarpeeton varastointi lisää usein läpimenoaikaa, estää ongelmien välittömän tunnistamisen ja vaatii lisätilaa, jolloin kommunikointi monesti myös vaikeutuu. Ongelmat ovat piilossa varastoissa ja niiden tunnistaminen vaatii usein varastojen vähentämistä. Varas-

tot sitovat myös suuria pääomia ja vähentävät tältä osin yrityksen kilpailukykyä. (Hines & Rich 1997, s. 48)

Ei ole kuitenkaan suositeltavaa eliminoida varastoja ajattelemattomasti. Sen sijaan syyt varastojen olemassaoloon on poistettava ensin. Tähän yksi tapa on koneiden seisontajan minimoiminen, mikä voidaan saavuttaa ennakoivalla huollolla. Toinen tehokas tapa varastojen vähentämiseen on eräkokojen pienentäminen. Eräkokojen pienentämisellä on myös muita etuja, kuten kasvava joustavuus, koska se mahdollistaa osien vaihtamisen aiempaa useammin. (Karlsson & Åhlström 1996, s. 27–28)

Turha liike tarkoittaa tuotannon ergonomiaa eli erilaisia taivutuksia, venyttämisiä ja nostamisia, joita työntekijät joutuvat työssään tekemään. Tällainen hukka on työntekijöille väsyttävää ja todennäköisesti johtaa huonoon tuottavuuteen ja laatuongelmiin. (Hines & Rich 1997, s. 48)

Viimeinen perinteinen hukan laji on virheet. Virheet johtavat suoriin kustannuksiin yritykselle. Toyotan filosofiassa virheet pitäisi nähdä mahdollisuuksina parantaa ja toteuttaa samalla kertaa korjaavia kaizen-toimintoja. Toyotan kaltaisessa systeemissä parantaminen on jatkuva prosessi, joten parannukset ovat suurimmalta osaltaan inkrementaaleja, eivätkä radikaaleja tai läpimurron kaltaisia. (Hines & Rich 1997, s. 48–49)

Laatuvirheitä voi olla kolmen tyyppisiä, joita ovat:

1. Tuotevirheet: Tuotevirheet ovat niitä, joita ei huomata tuotelinjan tai linjan loppuvaiheen tarkastuksissa, vaan ne päättyvät aina asiakkaalle asti.
2. Palveluvirheet: Palveluvirheet eivät suoranaisesti liity tuotteeseen, vaan ovat enemmän tulosta palvelutasosta tuotteiden ympärillä. Nämä virheet kattavat ne kaikki esimerkiksi toimitusaikoihin liittyvät ongelmat, jotka eivät liity tuotannon virheisiin.
3. Sisäiset virheet: Sisäiset virheet havaitaan tuotantolinjalla tai linjan loppupäässä tehtaan sisällä. Tuotantolinjan tutkimusmenetelmät voivat vaihdella ja sisältää perinteistä tuotetutkimusta, tilastollista prosessikartoitusta tai poka-yoken kaltaisia toimintamalleja. (Hines & Rich 1997, s.54)

Yritysten ei siis pitäisi tyytyä heikkoihin tuloksiin, vaan pyrkiä näkemään lukujen taakse, mistä todellisuudessa on kyse. Parhaiten menestyvät organisaatiot haastavat itsensä tuotantotoiminnan laajassa kirjossa, eivät pelkästään valmistuksessa. Kyky oppia ja siirtää oppimista yksilöiden ja avaintoimintojen kesken nopeasti muuttuvassa liiketoimintaympäristössä auttaa vahvistamaan tulevaisuuden hyvinvointia. (Emiliani 1998, s. 618–619)

3.3.4. 5S-järjestelmä

Hukan tunnistamisessa ja sen eliminoinnissa yksi keskeinen työkalu on 5S-toimintamallin toteuttaminen organisaatiossa. Takashi Osada loi alkuperäisen konseptin

5S:stä 1980-luvulla. 5S-periaatteet eivät ole ainoastaan hyödyllisiä työpaikalla, vaan ne auttavat myös työntekijöitä kehittämään omaa ajatteluprosessiaan (Ramdass 2015, s. 1908–1909). 5S-järjestelmä (sortteeraus, systematisointi, siivoaminen, standardointi ja sitoutuminen) luo tarkan, puhtaan ja hyvässä järjestyksessä olevan työympäristön. Monissa organisaatioissa toteutetaan vain kolme ensimmäistä vaihetta ja jäädään sen jälkeen ihmettelemään, miksi systeemi ei toimikaan. Kestävän 5S-järjestelmän puute tekee myös muista lean-työkaluista hyödyttömiä. (Chapman 2005, s. 27)

Työpaikoilla kuluu pahimmillaan pitkiä aikoja työkalujen ja komponenttien etsimiseen, vanhentunutta tavaraa makaa lattioilla, työnjohtajat selvittelevät keskeneräistä tuotantoa, virheelliset tuotteet sekaantuvat oikeiden kanssa ja niitä saattaa siitä syystä kulkeutua myös asiakkaalle. Tämä epäsiistiyden ongelma ei kosketa vain tuotantoa, vaan usein myös toimihenkilöiden toimintaa. Toimihenkilöt kuluttavat arvokasta aikaansa etsien väärinsijoitettuja tiedostoja, järjestelevät paperipinojaan etsiessään yhtä tiettyä dokumenttia ja käyvät läpi pitkiä sähköpostihistorioita jonkin vanhan tiedon löytämiseksi. (Chapman 2005, s. 27)

Tällaiset jokapäiväiset ongelmat työpaikalla johtavat monesti isompiin ongelmiin, joita voivat olla:

- Pidentyneet läpimenoajat
- Alhainen tuottavuus
- Korkeammat tuotantokustannukset
- Myöhästyneet toimitukset
- Ergonomiset ongelmat
- Tilanpuute
- Yleiset välinerikot
- Turvallisuusongelmat

Systemaattinen korjaava toimenpide näihin ongelmiin on siivota ja uudelleenorganisoida työympäristö ja tehdä tästä jokapäiväinen osa toimintaa. Tämä toimintamalli on nimeltään 5S, joka on liiketoimintajärjestelmä, jossa pyritään organisoimaan ja johtamaan tuotanto-operaatioita siten, että ne vaativat vähemmän työtä, tilaa, pääomaa ja aikaa tuotteiden valmistukseen vähemmällä virheillä. Tämän tyyppinen ympäristö, missä kaikelle on paikkansa ja kaikki on paikallaan, paljastaa paremmin tuotannon tehottomuuden ja häiriöt, jolloin nämä ongelmat ovat helpommin ratkaistavissa. Kun 5S on oikein toteutettu, se luo visuaalisen tehtaan, mikä mahdollistaa asioiden nopean havainnoinnin. Yhdellä silmäyksellä johtajat voivat havaita, jos asiat eivät ole kunnossa, tuotanto on jäänyt jälkeen tai pysähtynyt, ja jos keskeneräistä tuotantoa on siellä, missä sen ei kuuluisi olla. (Chapman 2005, s. 28–29)

5S:n ensimmäinen vaihe on sortteeraus eli lajittelu. Työntekijöiden on löydettävä sellaiset asiat, joita ei tarvita työn tekemiseen. Arvokasta työtilaa voidaan vapauttaa selvittämällä keskeneräistä tuotantoa, roskia, dokumentteja, pakkausmateriaaleja, työkaluja ja

tarvikkeita. (Chapman 2005, s. 29) Jotta tavarat kyetään jakamaan työtehtävien kannalta välttämättömiin ja tarpeettomiin, on tärkeää tunnistaa jokainen esine erikseen ja antaa sille nimi helpottamaan tunnistamista. Kunnollinen nimi pitää antaa kaikille, jotta vältetään hämmennystä, sillä joillain esineillä saattaa olla todellinen nimi, mutta ihmiset käyttävät niistä jotain yleistävää nimeä. (Ramdass 2015, s. 1908–1909)

Toinen vaihe on systematisointi eli järjestäminen. Työntekijät järjestelevät tarvitseman materiaalit siten, että työntekijän liikkeet, käveleminen ja materiaalin liikkuminen vähenisivät oleellisesti. Sijainnin pitäisi olla niin looginen, että jokainen voi löytää materiaalit milloin tahansa, oli sitten kyseessä työtiimin jäsen, apuhenkilö tai täysin uusi työntekijä. (Chapman 2005, s. 29) Kaikelle on omat paikkansa ja varastointi pidetään aina samassa paikassa, kun tavaroita ei käytetä. Tässä vaiheessa on tehtävä päätöksiä, käytetäänkö keskitettyjä vai keskittämättömiä varastoja. Tällaiset päätökset pitäisi perustaa siihen, käytetäänkö tavaroita jatkuvasti ja millainen niiden toimintaperiaate on. Yleisesti esineet ja työkalut pitäisi varastoida siellä, missä niitä tarvitaan, helposti nähtävissä, saatavissa ja tarvittavien prosessien mukaisessa järjestyksessä. Kunnolliset merkinnät pitäisi tehdä siitä, missä esineet ja työkalut sijaitsevat. (Ramdass 2015, s. 1909)

Prosessin kolmas vaihe on siivoaminen. Tiimit määrittelevät, mitkä alueet pidetään puhtaina, miten ne pidetään puhtaina ja kuka ne pitää puhtaina. Alueet sisältävät niin varastoalueita, koneita kuin ympäristöäkin. Siivotessaan työntekijöiden olisi myös nähtävä mahdolliset merkit koneiden suunnittelemattomista rikkoutumisista. (Chapman 2005, s. 29–30) Jotta kyetään ylläpitämään kunnollinen kuva siisteydestä, jokaisen kuuluisi olla siitä omalta osaltaan vastuussa. Läpinäkyvyys on tärkeää, koska se voi estää ongelmia syntymästä paljastamalla ongelmien juurisyyn, jolloin niihin voidaan parhaiten paneutua. Päivittaiset tutkimukset, voitelut ja välineiden puhdistukset ovat ennakoivaa ylläpitoa, joka lisää koneiden tehokkuutta. (Ramdass 2015, s. 1909–1910)

Neljäs vaihe on standardointi. Tässä tilanteessa toteutetaan kaikki ne toimenpiteet, jotka mahdollistavat työpaikan organisoinnin ja visuaalisten systeemien ylläpitämisen jatkosakin. Johdon on luotava aikataulu, joka määrittää, kuinka kauan yleisellä tasolla varataan aikaa kehitetyn järjestelmän ylläpitämiseen ja kehittämiseen. Osana visuaalista tehdasta luodaan myös tarkistuslista, jossa osoitetaan vastuut ja aikataulut järjestyksen ylläpitämiseksi. (Chapman 2005, s. 30) Standardointi luo pysyvän tavan tehdä asioita, jolloin jokainen voi ymmärtää, miten asioita tehdään. Kun tiedetään, mitä toinen tekee, on mahdollista työskennellä paremmin. Se mahdollistaa myös työprosessin jatkumisen mahdollisessa poissaolotilanteessa. Työntekijät kykenevät paremmin tekemään omaa työtä parantavia korjauksia, jos heillä on kokonaisvaltainen näkemys yrityksen prosesseista. Väreillä voidaan luoda ympäristöstä visuaalisempi, jolloin kommunikointi on yksinkertaista ja ymmärrettävää. (Ramdass 2015, s. 1910)

Viimeinen vaihe on sitoutuminen. Tiimi varmistaa, että 5S kehittää syvät juuret organisaatioon, ja että siitä tulee normaali tapa tehdä liiketoimintaa. Sitoutuminen on parhaiten

toteutettu, kun osallistuminen on monitasoista koskien niin päivittäisen työn tekijöitä tuotannossa kuin johtoakin. (Chapman 2005, s. 30) Tässä kurilla on keskeinen merkitys. Kuri tarkoittaa sitä, että organisaatioon juurrutetaan ne toimintamallit, miten jotain tehdään. Tämä sisältää harjoittelua, hyvien toimintatapojen teroittamista ja rohkaisua oikeiden tapojen käyttämiseen. Kun tästä tehdään päivittäinen rutiini, varmistetaan parhaiten 5S-prosessin onnistuminen. (Ramdass 2015, s. 1910)

Monet yhtiöt lähestyvät työpaikan organisointia samoin kuin kodinomistajat eli siivoavat ja organisoivat ainoastaan silloin, kun on tulossa vieraita tai vuotuisen kevätsiivouksen yhteydessä. Harvoin ymmärretään 5S:n päivittäistä hyötyä, vaikka tuottavuus, laatu, kustannustehokkuus, toimitusvarmuus ja turvallisuus paranevat huomattavasti. (Chapman 2005, s. 30)

Nykypäivän tuotannonohjauksen teoriassa 5S voidaan myös muuntaa muotoon 7S, kun siihen lisätään kuudenneksi ja seitsemänneksi osaksi turvallisuus ja kestävyys. Turvallisuus tarkoittaa kaiken sellaisen poistamista, mikä voi aiheuttaa vaaratilanteita eli tavoitteena on luoda turvallinen työympäristö. Kestävyys tarkoittaa puolestaan sitä, että työpaikalla ylläpidetään standardoituja työtapoja ja tarvittaessa korjataan niitä haluttuun suuntaan. (Vinodh et al. 2011, s. 476)

3.4. Lean arvovirtojen johtamisessa

Leanin periaatteiden mukaan tapa suorituskyvyn mittaamiseen on arvovirta-analyysi. Siinä vertaillaan yrityksen sisällä prosesseja siihen, miten hyvä prosessi itsessään voi olla. Toisin sanoen siinä vertaillaan arvoa tuottavia ja hukkaa aiheuttavia toimintoja tällä hetkellä siihen, miltä prosessi voisi näyttää, jos realistinen osuus hukkaa poistetaan. Lopulta yritysten tavoitteena on luoda toimintasuunnitelma ja toteuttaa sarja radikaaleja ja inkrementaaleja uudistuksia osana tätä tiettyä suorituskyvyn mittaamisen prosessia. (Hines et al. 1999, s. 60, 76)

Kun otetaan arvovirta tarkasteluun, tarkoittaa se sitä, että työstetään isoa kuvaa, eikä vain yksittäisiä prosesseja. Kehityskohteeksi otetaan koko arvovirta, eikä ainoastaan osien optimointi. Tämä toimintamalli luo yhteisen kielen tuotantoprosessiin, jolloin on mahdollista tehdä harkitumpia päätöksiä arvovirran kehittämistä. (Singh et al. 2010, s. 157–158) Arvovirta-analyysi yksinkertaistaa arvoa tuottamattomien aikojen mittaamista, jolloin lean-mittareiden laskenta on helpompaa ja on mahdollista parantaa operatiivista toimintaa strategisilla tuloksilla (Álvarez et al. 2009, s. 950).

Arvovirta-analyysissä on viisi vaihetta, jotka laitetaan käytäntöön sitä varten perustetun ryhmän toimesta:

1. Tuoteperheen valinta
2. Nykytilan kartoitus
3. Tulevaisuuden tilan kartoitus

4. Toimintasuunnitelman määrittäminen
5. Toimintasuunnitelman toteuttaminen (Lasa et al 2008, s. 41)

Prosessiperhe tai tuoteperhe on joukko tuotteita tai palveluita, jotka käyvät läpi samat tai samankaltaiset prosessointivaiheet (Manos 2006, s. 66). Se, mikä prosessi valitaan tarkasteluun yrityksessä, vaihtelee suuresti valintakriteeriensä osalta, mutta seuraavia kriteereitä voidaan esimerkiksi käyttää:

- Suurin vastine rahoille
- Suurin säästö läpimenoaikaan ja varastointiin
- Suurin vaikutus asiakkaalle
- Suurin todennäköisyys onnistua
- Näkyvin sidosryhmille
- Uusi tuotantolinja
- Volyymi tai määrä (Manos 2006, s. 67).

Nykytilan kuvaus kertoo sen, miten materiaali ja informaatio prosessoituvat nykyisin. Oleellista, ihmiset ovat monesti epätietoisia ennen kuvauksen valmistumista siitä, missä on hukkaa ja millä tavoin epätietoisuus vaikuttaa prosessissa. Tulevaisuuden arvovirta-kaavio kuvastaa puolestaan sellaista tulevaisuuden tavoitetilaa, joka suunnitelluilla uudistuksilla voitaisiin saavuttaa. Ihmiset tunnistavat kehityskohteita kyseenalaistamalla nykyiset toimintamallit ja ajattelemalla luovasti, miten nykyprosessia voidaan parantaa. (Emiliani & Stec 2004, s. 623)

Arvovirtakuvaus kehitettiin alkujaan auttamaan tutkijoita tunnistamaan hukkaa yksittäisissä arvovirroissa ja löytämään sopivia reittejä sen poistamiseen. Sitä käytettiin ennen kaikkea teollisuudessa, kuten autoteollisuudessa, lääketeollisuudessa, terveydenhuollossa ja palveluiden tuottamisessa. Arvovirtakuvaus tarjoaa hyvin tehokkaan tavan visualisointiin, analysointiin ja tuotannon sekä tuotantoketjun uudelleensuunnitteluun. (Atieh et al. 2015, s. 1574)

Tuloksena syntyy yksisivuinen kartta, joka graafisesti määrittää prosessin nykytilan. Kartta sisältää tietoa, kuten kiertoajan, vaihtoajat, keskeneräisen tuotannon ja tuotannon suorituskyvyn. Nykytilan analysoinnin ja sen sisältämän hukan määrittämisen jälkeen alkaa tulevaisuuden tavoitetilan suunnittelu. Tavoitteena on rakentaa virtaus tai imu-ohjaus, jossa kaiken aikaa tuotetaan vain sitä, mitä asiakas haluaa, kuinka paljon sitä halutaan ja milloin sitä halutaan. Visualisoimalla tiedon ja materiaalien virtauksen, arvovirtakuvaus tarjoaa työkalun strategiseen suunnitteluun, jotta yritys voi muuttua lean-yritykseksi. (Atieh et al. 2015, s. 1574) Toisin kuin useimmat prosessikartoituksen työkalut rekisteröivät vain perinteisen tuotevirtauksen, arvovirtakartoitus dokumentoi myös systeemin informaatiovirran. Informaation avainosia on tieto siitä, missä materiaalit ovat varastoituina ja toisaalta, mikä toimii kimmokkeena sille, että tuote liikkuu prosessissa eteenpäin työvaiheesta toiseen. (Singh et al. 2011, s. 799)

Kartta piirretään yleensä myös tehtaan layoutista ja se auttaa tunnistamaan seuraavia ongelmia:

- Poikittaisliikenne: risteyspisteet polkujen välillä, jotka aiheuttavat tungosta ja viivästymisiä
- Palaaminen takaisin: materiaali liikkuu takaisinpäin, eikä suoraviivaisesti vastaanotosta lähettämöön
- Kuljettu matka: matka, jonka ihmisten tai materiaalien on liikuttava tehtaalla. Sen pitäisi olla niin pieni kuin mahdollista, jotta säästetään aikaa. Näin ollen koneet ja osastot pitäisi olla suunniteltu tällä perusteella.
- Menettelytavat: jos layout ei sovellu toimintajärjestykseen, se voi johtaa poikittaisliikenteeseen ja palaamiseen takaisin. Jos toimintajärjestystä ei voida muuttaa, on välineistön sijainnin muutosta harkittava. (Lacerda et al. 2016, s. 1710)

Yksi arvovirtakuvauksen ongelmista on sen manuaalinen luonne siten, että se tuottaa staattisen mallin, jota voi olla hankalaa tulkita. Sen avulla voidaan tutkia myös ainoastaan yhtä tuotetta tai tuoteperhettä kerrallaan. Yleisesti lean-tuotanto vaatii monesti voimakkaita muutoksia organisaatioon, mikä vaatii jo alkuvaiheessa tarkkaa arviointia toimintojen vaikutuksista. Yksi keinoista on simulaatio. Simulaation käyttäminen mahdollistaa useiden eri vaihtoehtojen tutkimisen ja näyttää eri vaihtoehtojen vaikutuksen ennen toteutusta. Simulaatioilla voidaan tutkia myös useampia tuoteperheitä kerrallaan, ja eri skenaarioiden perusteella tutkia erilaisten muutosten vaikutusta kokonaisprosessiin. (Atieh et al. 2015, s. 1575)

Joissain tapauksissa ylin johto voi myös estää tulevaisuuden tavoitekartan tekemisen ja toteuttamisen. Tämä voi johtua monista asioista, kuten haluttomuudesta muuttua, tottumattomuudesta kehitystapoihin tai siitä, että muutoksien kuvitteluaan kuluttavan liikaa rahaa tai aikaa. Siksi jotkut johtajat voivat luottaa perinteisempiin tapoihin saavuttaa yrityksen taloudelliset ja ei-taloudelliset tavoitteet. Tästä huolimatta arvovirtakaavioista on tullut yleisiä työkaluja yrityksiin. Monet yritykset kokevatkin niistä olevan hyötyä suunnitellessa toimia parantaa niin kansallista kuin kansainvälistä kilpailukykyä. (Emiliani & Stec 2004, s. 627)

Arvovirtakaaviot on otettu mukaan myös kustannuslaskentaan ja toiminnan monitorointiin. Kaavioiden sisältämän tiedon perusteella voidaan laskea nykyisten ja tulevien prosessien kustannuksia ja luoda arvovirtojen tuotto-kustannuskaavioita. (Emiliani & Stec 2004, s. 627) Lean-mittaristo on hyvin tärkeässä roolissa analysoitaessa arvovirtoja ja tehdessä päätöksiä tuotantojärjestelmään liittyen. Tällaisia mittareita ovat esimerkiksi läpimenoaika, arvoa lisäävä aika, kierrosaika ja tahtiaika. Läpimenoaika on aika, joka tuotteelta tai palvelulta kuluu virrata arvovirran tai prosessin läpi alusta loppuun. Arvoa lisäävä aika on aika, joka asiakkaan mukaan määriteltynä lisää arvoa tuotteeseen tai palveluun ja josta hän on valmis maksamaan. Kierrosaika eli jaksonaika tarkoittaa puolestaan aikaa, joka kuluu samojen työtehtävien toistumisen välillä. Tahtiaika on taajuus, jossa tuotteita tai palveluita on tuotettava, jotta asiakkaan vaatimuksiin kyetään vastaa-

maan. (Lacerda et al. 2016, s. 1711) Mitään kehitysprojektia ei voida aloittaa ennen kuin tahtiaika tiedetään. Yrityksen pitää toimia juuri siinä tahdissa, mikä kysyntä on, kaikki sitä suurempi nopeus on hukkaa. (Byrne 2013, s. 35–36)

Tulevaisuuden tilan saavuttamiseksi tärkeää johtamisessa on:

1. Kyseenalaistaa nykyinen prosessi
2. Tukea kehittämismahdollisuuksia
3. Rohkaista uudistuksiin
4. Tunnistaa ja vähentää hukkaa.

Jos johtaja itse kyseenalaistaa prosessin ja tukee kehittämistä, silloin seuraajatkin usein tekevät niin. Ihmiset hyväksyvät riskinoton ja nauttivat työstään enemmän, koska he voivat käyttää järkeään työpaikalla. Kyvykkyydet, kuten tasapainon haastaminen ja kustannusten vähentäminen, parantavat kilpailukykyä aikojen saatossa ja saavat johtajat etsimään mielikuvituksellisia ratkaisuja entisestään parantaa kilpailukykyä. (Emiliani & Stec 2004, s. 636)

Miten johtajat sitten voitaisiin saada muuttamaan pitkäaikaisia ajatusmallejaan tulevaisuuden tavoitetilaa vastaavaksi? Esimerkiksi lomautukset ja irtisanomiset ovat ristiriidassa lean-filosofian kanssa ja johtavat usein lyhytaikaisista hyödyistään huolimatta takaisin yrityksen alkuperäiseen toimintamalliin. Leanissa tärkeässä osassa onkin ihmisten kunnioitus. Parannusten on hyödytettävä kaikkia avainsidosryhmiä, jotta saavutetaan näiden osallistuminen projektiin ja parannetaan pitkän ajan kilpailukykyä. Johtajat näkevät työntekijät arvokkaina resursseina, joilla on valtavasti potentiaalia. Lean-johtajat näkevät, että yrityksen kannalta paras tilanne on tasapaino sekä sosiaalisten että taloudellisten tavoitteiden välillä. Paras tapa tähän on tehdä itse ja johtaa kehitysprojekteja. He ymmärtävät, että kehittäminen on osa johtajuutta, ja että kehittämistoimenpiteitä ei voi kokonaan delegoida toisille. (Emiliani & Stec 2004, s. 638–643)

3.5. Lean-käyttöönotto

Kirjallisuuskatsauksen seuraavassa alaluvussa tarkastellaan lean-tuotantofilosofian käyttöönottoon liittyviä seikkoja ja esitellään yleisimpiä toimintamalleja tarkemmin. Aluksi kuvataan leanin yleinen käyttöönottostrategia, käsitellään käyttöönotosta syntyviä mahdollisia haasteita ja lopuksi perehdytään siihen, miten haasteista voidaan selviytyä.

3.5.1. Leanin yleinen käyttöönottostrategia

Lean-johtamisen onnistunut käyttöönotto voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat käyttöönoton esiaste, käyttöönotto ja käyttöönoton jälkitarkastelu. Tämä on yleisluontoinen toimintamalli ja riippuen käyttöönoton laajuudesta ei kaikkia vaiheita tarvitse käydä läpi. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 916–917)

Esivaiheessa merkityksellisintä on, kuinka käyttöönottoprojekti aloitetaan. Jokaisen organisaation on ennen käyttöönottoa aloitettava lean-ajattelua tukevia ohjelmia ja osallistettava koko organisaatio niihin. Lean-tuotannon tavoitteet tulisi selvittää jokaiselle, etenkin etulinjan työntekijöille ja työnjohtajille. Ylimmän johdon on sitouduttava ohjelman toteutukseen. Tässä vaiheessa on luotava malli lean-tuotannon käyttöönotolle ja samalla kyettävä eliminoimaan epäilyt käyttöönotosta ja sen hyödyistä. Kommunikointi niin sisäisesti kuin asiakkaankin suuntaan on tärkeää. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 915)

Leanin käyttöönottovaihe keskittyy kaikenlaisen hukun tunnistamiseen ja eliminoimiseen koko tuotantoketjun osalta. Tehokkaat asiakas-toimittaja -suhteet on nähty monessa tapauksessa merkittävänä tekijänä menestyksekkään lean-käyttöönoton osalta. Oikein ajoitettu raaka-aineen toimitus vähentää sekä tuotannon sisäistä varastointia että vast aikaa asiakkaan suuntaan. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 916)

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että niissä yrityksissä, joissa oli raportoitu alkuvaiheen saavutuksista lean-käyttöönotossa, ei kuitenkaan pitkällä aikavälillä ollut päästy jatkuviin parannuksiin. Yksi syistä tähän voi olla se, ettei yrityksissä ollut keskitytty tarpeeksi käyttöönoton jälkeiseen vaiheeseen. Tämä vaihe viimeistelee lean-käyttöönoton projektin ja siinä tarkastellaan saavutettuja tuloksia koko prosessin kannalta. Yrityksen on oltava kärsivällinen, jotta saavutetut tulokset tulevat näkyviin. Jatkuva parantaminen on pitkä matka, jossa parannetaan taitoja ja kykyjä löytää yhä uusia hukun lähteitä ja ratkaistaan ongelmia erilaisten työkalujen ja tekniikoiden avulla. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 917)

Prosessikehitykseen käytetään PDCA-sykliä. Plan eli suunnittelu tarkoittaa sitä, että kehitykselle asetetaan tavoite. Do eli tekeminen tarkoittaa suunnitelman toteuttamista kontrolloiduissa olosuhteissa. Check-vaiheessa eli tarkastamisessa kontrolloidaan sitä, että suunnitelma toteutetaan tehokkaasti. Viimeisessä eli Act-vaiheessa toiminnalla varmistutaan siitä, että paranneltu prosessi vakiinnutetaan organisaation toimintatavaksi pidemmällä aikavälillä ja asetetaan tavoitteet uudelle kehityssyklille. Tätä uutta sykliä kutsutaan parannussykliksi. Aluksi prosessi voi kaikesta huolimatta olla epävakaa ja vaatii useampia standardoivia syklejä, ennen kuin voidaan siirtyä uuteen kehityssykliin. Toisin sanoen standardoiva sykli ylläpitää tämänhetkisiä työprosesseja, kun taas kehityssyklien aikana parannetaan niitä. Organisaatioiden ei milloinkaan pitäisi tyytyä tasapainotilanteeseen. (Singh & Singh 2015, s. 87–89)

Jokaisella organisaation prosessilla on toimittaja ja asiakas. Toimittaja tarjoaa prosessiin syötteitä, kuten materiaaleja ja informaatiota. Toimittaja voi olla jokin muu prosessi organisaation sisällä tai joku organisaation ulkopuolella. Asiakas on puolestaan joku organisaatiossa eli sisäinen asiakas tai lopullinen asiakas markkinoilla eli ulkoinen asiakas. Asiakas vastaanottaa prosessin tuotoksen. Kun tämä pidetään mielessä, jokainen organisaation jäsen toimii asiakkaiden kanssa, joko sisäisten tai ulkoisten. Seuraava prosessi on aina edellisen asiakas. Malli voi parhaimmillaan johtaa sitoutumiseen siitä, ettei

epätarkkaa informaatiota tai virheellisiä tuotteita tarjota koskaan eteenpäin seuraavaan prosessivaiheeseen. (Singh & Singh 2015, s. 89)

Leanin käyttöönotossa yrityskulttuurilla on keskeinen merkitys. Yrityskulttuuri voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan, joita ovat artefaktit ja käyttäytyminen, normit ja arvot sekä pohjimmaiset perusoletukset. Artefaktien ja käytöksen tasolla nähdään tuotannon layout, ihmisten käytös ja erilaiset kirjalliset dokumentit. Normit puolestaan ovat yleisesti hyväksyttyjä käyttäytymissääntöjä. Niitä ei välttämättä ole kirjoitettu mihinkään, mutta kaikki tietävät ne ainakin yleisellä tasolla. Pohjimmaiset perusoletukset ovat niitä, jotka ovat pinnan alla ja kertovat siitä, mitä organisaatiosta ja henkilöiden rooleista sen osana ajatellaan. (Liker & Hoseus 2008, s. 6–7)

Yrityskulttuuri on mahdollistaja sille, että lean-operaatioiden ohjaus on kestävä ja menestyksekkästä. On tärkeää saada tuotantotiimin jäsenet osallistumaan tarkastuksiin, raportointiin ja, jos mahdollista, korjaamaan piilossa olevia virheitä ja pieniä käyttökatkoksia. Nämä toimet vahvistavat työntekijöiden itseluottamusta, parantavat tiimityöskentelyä, tarjoavat mahdollisuuksia osoittaa johtamistaitoja ja lopulta kehittävät loogisia ongelmanratkaisutaitoja. Tärkeä motivointikeino on jonkinlainen palkkiojärjestelmä. Tällaisia palkkioita voivat olla esimerkiksi tuottavuusbonus, jos työntekijä on auttanut vähentämään standardivaiheajoja, laatubonus, jos on saavutettu nollavirhetaso jollain aikavälillä tai aikabonus, jos kaikki tilaukset on toimitettu ajallaan. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 917–918)

Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä voi olla monia sellaisia tekijöitä, jotka toisaalta tukevat ja toisaalta heikentävät mahdollisuuksia leanin käyttöönotossa. Toimittajat voivat olla voimakkaasti riippuvaisia PK-yrityksistä, jotka keskittyvät pieneen ja kapeaan niche-markkinaan. Toimittajalla ei välttämättä ole tällöin muita asiakkaita, joihin voisi vaihtaa, joten PK-yrityksellä on valtaa vaikuttaa lean-käyttöönoton agendaan. Toisaalta PK-yritykseltä voi myös puuttua markkinavoimaa vaikuttaa toimittajaverkostoon leanin osalta. (Hu et al. 2015, s. 998)

Organisaation sisältä katsottuna yrityksen omistajien pitkä sitoutuminen yrityksen kannattavuuteen ja selviämiseen voi olla ratkaiseva tuki leanille. Tässä ongelமாகsi voi muodostua se, että omistaja saattaa olla liiaksi kiinni päivittäisessä johtamisessa, että häneltä irtoaisi aikaa lean-projektin johtamiselle. Työntekijöiden osalta PK-yrityksissä on monesti moniosajia, joiden sijoittelu ja poikkifunktionaalisuus monesti auttavat leanin prosessikehityksessä eri puolilla organisaatiota. Ihmiset työskentelevät myös enemmän tiimeissä, joka myös tukee lean-käyttöönottoa. Asiakas on monesti lähempänä kuin suurilla yrityksillä. (Hu et al. 2015, s. 998)

3.5.2. Käyttöönoton haasteet ja miten niistä voidaan selvittää

Lean tuotannolla on rajoitteensa. Monet tutkijat ovat tuoneet esille erilaiset erätuotannon edut tuotannon kannalta. On myös löydetty aineistoa siitä, että monet lean-

tuotannon käyttöönottoprosessit ovat epäonnistuneet. Yksi syistä tähän on se, että leaniin ei ole saatavilla selkeää toimintamallia, jonka perusteella voisi vaihe vaiheelta ottaa käyttöön lean-tuotannon. (Bhamu & Sangwan 2014, s. 877 ja 915)

Tuotannonohjauksen teorian pitäisi osoittaa tiettyjä periaatteita, joita ovat esimerkiksi:

- Tuotannonohjauksen ilmiöt ovat selvästi määriteltyjä
- Ilmiöillä on tiettyjä säännönmukaisuuksia, jotka on todistettu joko loogisesti tai empiirisesti
- Ilmiöistä voidaan muodostaa lakeja ja kertoa tältä pohjalta, miksi lait toimivat siten kuin toimivat ja mikä niiden toimintaa rajoittaa. (Samuel et al. 2015, s. 1388)

Leanissa näkökulmia on kuitenkin paljon, eikä yhtä yhtenäistä toimintamallia ole kehitetty (Bhamu & Sangwan 2014, s. 877 ja 915). Lean on koettu myös epäinhimillisenä toimintamallina, koska se lisää työntekijöiden painetta suoriutua töistään nopeammin ja paremmin. (Hines et al. 2004, s. 995–999)

Ongelmat lean-käyttöönotossa ovat usein lähtöisin työtä tekevistä ihmisistä, joihin lasketaan mukaan myös työnjohto. Yritykset ovat epäonnistuneet työntekijöiden sitouttamisessa lean-toimintatapojen toteuttamiseen. Syynä tähän on etenkin ymmärryksen puute työntekijöiden taholta ja toisaalta johtamistaitojen puute työnjohdon taholta. Leanissa on vaikeaa onnistua toteuttamalla pelkästään lean-toimintatapoja ja tekniikoita muuttamatta samalla ihmisten ajatusmaailmaa ongelmanratkaisussa ja jatkuvassa parantamisessa. Toisin sanoen selkeä suunnitelma tai toimintamalli lean-käyttöönotosta ei välttämättä takaa onnistunutta toteutusta. (Chay et al. 2015, s. 1032)

Työntekijöiden kannalta haasteeksi voi muodostua myös se, jos he eivät saa tarpeeksi tukea koulutukseen ja tiedon kehittämiseen. Vaihtuvuus voi olla suurta, jolloin lean-osaaminen voi helposti kadota organisaatiosta. Myös huonot laatu- ja prosessikontrollityökalut voivat osoittautua ongelmallisiksi. Lopulta yrityksille voi olla haaste vaikuttaa kysynnän vaihtelevuuteen. (Hu et al. 2015, s. 998)

On vaikeaa ehdottaa toimintamallia, joka soveltuisi kaikkien teollisuudenalojen ja yritysten tarpeisiin. Siitä huolimatta ehdotetun toimintamallin pitäisi kyetä vähintään osoittamaan ne ongelmat, joita leanin käyttöönotossa voi ilmetä ja ylittämään ne puutteet, joita käyttöönottajat kokivat lean-muutoksen yhteydessä. (Chay et al. 2015, s. 1044)

Haasteista voidaan kuitenkin selvitä. Toimintamallin pitäisi lopulta lähteä organisaatiossa alhaalta ylös, jotta työntekijät saataisiin parhaalla tavalla mukaan toimintaan ja varustettua ongelmanratkaisu-, hukan eliminointi- ja päivittäisillä kehittämistaidoilla. Ilman tätä muutosta lean-toiminta ei todennäköisesti ole pysyvää, ja alkuperäinen tarkoitus luoda työntekijöistä teollisuusinsinöörien yhteisö ja muuttaa organisaatio itseoppivaksi organisaatioksi tulee todennäköisesti epäonnistumaan. (Chay et al. 2015, s. 1044–1045)

Lean-käyttöönotossa on tärkeää vastata kysymykseen, miksi jotakin tehdään. On tärkeää tietää syyt työkalujen käyttämisen takana. Työntekijöillä on oltava kyky ajatella työnsä ongelmia ja löytää juurisyyt ongelmiin ennen lean-työkalujen hyödyntämistä. Lean-työkalut on kytkettävä yrityksen sisäisiin sidosryhmiin, jotta työntekijät olisivat tietoisia jokaisen työkalun soveltuvuudesta yrityksen eri toimijoille. Se varmistaa oikeiden vastuiden jakaantumisen oikealle henkilölle tai sijoittamisen oikeisiin koulutuksiin. (Chay et al. 2015, s. 1048)

Tärkeää on ymmärtää myös leanin dynaaminen luonne. Lean ei ole vain joukko työkaluja, vaan loputon matka luoda organisaatiosta jatkuvasti kehittyvä ja ongelmanratkaisukykyinen jokapäiväisessä toiminnassa. (Chay et al. 2015, s. 1048) Työkalut on nähtävä osana laajempaa sosioteknistä systeemiä, jossa myös työtä tekevät ihmiset huomioidaan. Lean on muutosohjelma, joka jo itsessään voi aiheuttaa stressiä ja epävarmuutta työympäristössä. Leanin esittelyllä on vaikutusta koko henkilöstöön. Jatkuvana prosessina myös sen käyttöönottolla on merkitystä, ei pelkästään työkalujen käytöllä. (Hasle et al. 2012, s. 831–832)

Leanin heikkoutena on pidetty huonoja vaikutuksia työympäristöön, mutta on kuitenkin vaikeaa osoittaa syy-seuraussuhteella leanin todellista vaikutusta työympäristöön. Siksi onkin tärkeää selvittää syyt siihen, mistä tällaiset huonot vaikutukset työympäristöön johtuvat. Sekä käyttöönottolla että ympäristöllä on oma vaikutuksensa. Tärkeintä kaikessa käyttöönottoon liittyvässä toiminnassa on kuitenkin saada työntekijät osallistettua prosessiin. Silloin todennäköisemmin leanin vaikutukset ovat kaikkein positiivisimmat työympäristöön. (Hasle et al. 2012, s. 844–845)

3.6. Lean, tuotannonohjausjärjestelmät ja layout

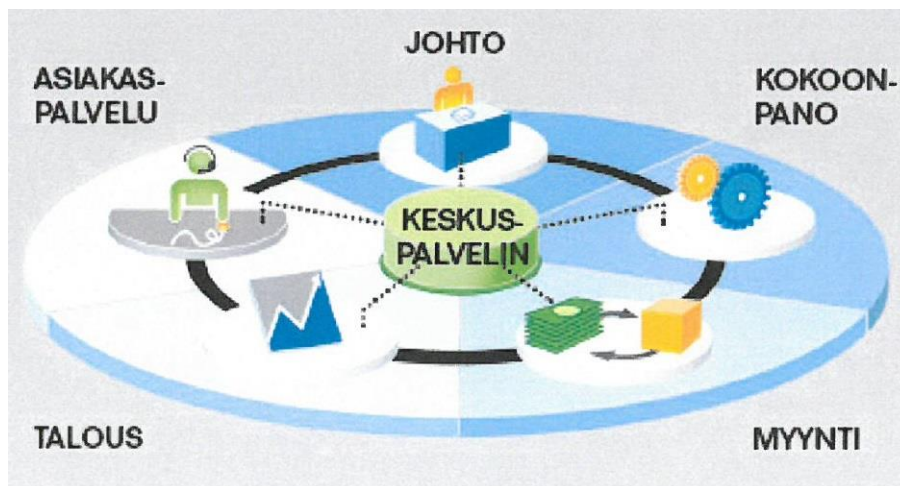
Kirjallisuuskatsauksen tässä osassa pureudutaan tuotannonohjausjärjestelmiin ja erilaisiin layout-tyyppeihin siten, kuin on työn käytännön osuuden tulosten läpikäynnissä tarpeellista. Tuotannonohjausjärjestelmällä tarkoitetaan lähinnä erilaisia ERP-järjestelmiä (*engl. Enterprise Resource Planning*) eli kokonaisvaltaisia tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä. Layout on puolestaan yleinen termi, jolla tarkoitetaan tuotannon fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa sekä tapaa, jolla tuotannon materiaalivirta kulkee tuotantoprosessin läpi.

3.6.1. ERP-järjestelmät

ERP-järjestelmät ovat välttämättömiä organisaatioille, jotka etsivät tehokkuutta organisaation yhdentymisestä. Perinteisesti ERP-järjestelmiä on otettu käyttöön, jotta onnistuttu yhdenmukaistamaan liiketoimintaprosesseja ja tukemaan johdon päätöksentekoa. (Powell 2013, s. 1490) Uuden järjestelmän käyttöönotto on usein suuri projekti. Käyttöönotossa ei ole kyse pelkästään hankinnasta, vaan usein muutos vaatii koko organisaation toimintatapojen kehittymistä ohjelmistomuutoksen mukana. Etenkin PK-

yrittäjille käyttöönotto on suuri investointi, joka epäonnistuessaan aiheuttaa suuria taloudellisia menetyksiä ja estää järjestelmän täysimittaisen hyödyntämisen. (Juuso & Iskanius 2009, s. 9)

ERP-järjestelmät ovat kaupallisia sovelluksia, jotka lupaavat kaiken organisaatiossa virtaavan informaation saumatonta yhteistyötä. Tähän kokonaisuuteen kuuluvat kuvan 4. mukaisesti talouteen, ihmisresursseihin, toimitusketjuun ja asiakkaisiin liittyvä informaatio. ERP-järjestelmien lähtökohtana voidaan nähdä materiaalitarpeiden suunnitteluun tarkoitettut MRP-järjestelmät, jotka kehitettiin 1970-luvulla keskittymään puhtaasti materiaalisuunnitteluun, varastolaskentaan ja hankintaan. 1980-luvulla tuotantoresurssien hallinta (MRP II) kehittyi, kun kapasiteetti- ja taloussuunnittelun työkalut lisättiin MRP-systeemiin. Lopulta suunnittelun, johtamisen ja organisaation kaikkien resurssien käytön yhdentyminen synnytti ERP-järjestelmät 1990-luvulla. (Powell 2013, s. 1491)



Kuva 4. ERP-järjestelmässä kaikki tieto on reaaliaikaisesti yrityksen eri toimintojen käytössä (Juuso & Iskanius 2009, s. 10).

ERP-järjestelmien valintakriteerit ovat yrityskohtaisia, koska jokainen yritys laatii ne omista lähtökohdistaan. ERP-järjestelmä on organisaatiossa laajassa käytössä, jolloin ohjelmiston käytettävyys on tärkeää. Myös tuotantomalli on huomioitava valinnassa. Jos yrityksen tuotannossa vuorottelevat vakiotuotteet, joita ei paljon konfiguroida, yritys voi tulla toimeen ERP-järjestelmällä, jolla on kevyemmät tuotannonsuunnittelu- ja tuotetehallintamoduulit. Tilausohjautuvassa tuotannossa on eritasoisia tuoterakenteita kokoonpanovaiheessa, ja tuotteisiin tulee usein muutoksia. Silloin yritys tarvitsee tuotanto-lähtöisen ERP-järjestelmän. (Juuso & Iskanius 2009, s. 26)

Lean ja ERP mahdollistavat kilpailuedun saavuttamisen. ERP-järjestelmät poistavat myös mutkikkaita, manuaalisia rajapintoja eri järjestelmien väliltä ja korvaavat ne standardoidulla, poikkitoiminnallisella automaatiolla täten mahdollistaen tilausten läpime-noaikojen pienentämisen sekä tuottavuuden, vasteaikojen ja toimitusaikojen parantami-sen. (Powell 2013, s. 1494) Parhaat ERP:n käyttöönotot tapahtuvat vasta sen jälkeen,

kun prosessit on ensin suunniteltu uudelleen vastaamaan leanin periaatteita, ei päinvastoin. (Powell et al. 2013, s. 406)

ERP-järjestelmiä voidaan käyttää tukemaan lean-käyttöönottoa etenkin tuotannossa, jossa kysyntä vaihtelee paljon ja yrityksellä on suuri määrä pienivolyymisia tuotteita. Yritykselle voi myös olla vaikeaa pärjätä globaalissa markkinassa ilman IT-järjestelmien tukea, koska tietojärjestelmä monesti tukee tuotantoketjun välistä yhteistyötä. Tämä on totta myös leanin kohdalla, koska lean laajentuu nykyisin myös tuotantoketjunäkökulmaan. ERP tukee leania myös siltä osin, että tuotantoon voidaan rakentaa virtausta ja sitä kautta parantaa tuottavuutta, vähentää kustannuksia sekä parantaa päätöksentekoa. (Powell 2013, s. 1496)

Kanban-järjestelmä on yksi tärkeimmistä TPS:n komponenteista ja on yksinkertainen ja tehokas työkalu saavuttaen imuohjaukseen perustuva tuotantojärjestelmä. Kanban-korttia on käytetty tunnistamaan ongelmia tuotantoketjussa, ylläpitämään varastojen hallintaa ja materiaalien virtaamista tuotantosolujen välillä. (Álvarez et al. 2009, s. 949) IT-sovelluksista elektroninen e-kanban voi korvata fyysisen signaalin elektronisella signaalilla, parantaa toimittajayhteistyötä, mahdollistaa välittömän toimittajan arvioimisen ja vähentää yrityksen paperityötä. IT tarjoaa työkaluja, jotka voivat lisätä järjestelmän läpinäkyvyyttä huomattavasti. (Powell 2013, s. 1499)

Leanin kannalta oleellista uudessa tietojärjestelmän käyttöönotossa on testata sen toimivuus käytännössä. Tämä ei itsessään sulje pois myöskään minkään uuden ja mullistavan teknologian käyttöönottoa. Se tarkoittaa ainoastaan sitä, että teknologia on tarkkaan testattu ja arvioitu sillä perusteella, että se tarjoaa yritykselle lisäarvoa. Jos uusi teknologia on hyväksyttävä, sitä käytetään tukemaan jatkuvaa virtausta tuotantoprosessissa ja autetaan työntekijöitä suoriutumaan jatkossa entistäkin paremmin. (Liker 2003, s. 160)

3.6.2. Layout-suunnittelu

Layoutit voidaan jakaa tuote-, prosessi-, kiinteän paikan ja solulayouteihin sekä erilaisiin näiden yhdistelmiin. Tuotelayoutteja käytetään saavuttamaan suuren volyymin tuotteiden nopea virtaus tuotantoketjun läpi. Prosessilayoutit on puolestaan suunniteltu tuottamaan osia, jotka sisältävät erilaisia tuotannollisia vaatimuksia. Kiinteän paikan layoutissa tuote pysyy paikallaan, jolloin materiaalit ja ihmiset liikkuvat. Soluvalmistuksessa työpisteet on jaettu soluiksi. Yhdistelmälayouteissa hyödynnetään erilaisten layoutien hyväksi havaittuja kokemuksia. (Stevenson 2012, s. 249–253)

Yleisin tuotelayout on tuotantolinja. Tuotantolinjassa tuotteen työnkulku määrää koneiden sijoittelun ja se on erikoistunut yhden yksittäisen tuotteen valmistamiseen. Tällaiselle tuotantokonseptille yleistä ovat suuri volyymi ja korkea kuormitusaste, jolloin tuotteen yksikkökustannus saadaan pieneksi. Häiriönsieto on huono, koska pienikin konerikko sekoittaa usein koko tuotannon. Toinen layouttyyppi eli funktionaalinen layout on puolestaan tyyppillinen esimerkki prosessilayoutista. Siinä koneet on jaettu työtehtä-

vien perusteella erilaisiin osastoihin. Tuotetyyppien kirjo on suuri ja niitä valmistetaan sarjoissa tai erikseen. Töiden aikataulutus on vaikeaa ja jonoja syntyy helposti. Laadunhallinta on myös vaikeaa suurten etäisyyksien ja välivarastojen takia. (Haverila et al. 2009, s. 475–477)

Solulayoutissa tehtaalle rakennetaan itsenäinen, eri koneista ja työvaiheista koostuva tuotantosolu, jonka vastuulla on jonkin komponentin tai työvaiheen kokonaisvaltainen toteuttaminen. Eri valmistusvaiheiden suorittaminen samalla alueella helpottaa laadunvalvontaa. Solussa työskentelevä ryhmä vastaa töiden suunnittelusta ja toteuttamisesta itsenäisesti, jolloin työntekijöiden tuottavuus ja motivaatio usein nousevat. (Haverila et al. 2009, s. 477–478)

3.7. Yhdistetyt toimintamallit

Leanin periaatteita on lähdetty kehittämään eteenpäin ja yhdistetty samankaltaisiin toimintamalleihin, kuten six sigmaan ja joustavaan tuotantoon. Työn seuraavassa luvussa kuvataan lyhyesti lean six sigman ja joustavan tuotannon toimintamallin perusperiaatteet.

3.7.1. Lean ja six sigma

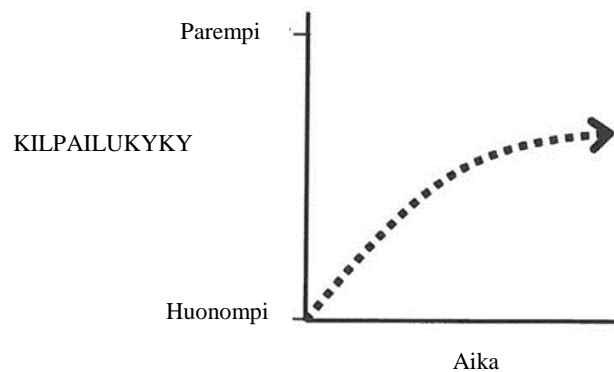
Six sigma ja lean ovat loistavia työkaluja yhdessä tai erikseen käytettyinä. Viimeisten kahden vuosikymmenen aikana yhdysvaltalaiset teollisuusorganisaatiot ovat toteuttaneet useita erilaisia johtajuusohjelmia, joiden on toivottu parantavan kilpailukykyä. Kaksi yleisintä ovat lean ja six sigma. Six sigman loi Motorola-yhtiöt ja leanin puolestaan japanilainen Toyota ja näitä molempia on menestyksellä sovellettu yhdysvaltaisissa organisaatioissa. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 5)

Molempien konseptien lähtökohdat ovat toisen maailmansodan jälkeisessä Japanissa. Tämä perustuu etenkin Japanin vähäisiin resursseihin sodan jälkeen. Six sigman juuret ovat kahdessa pääasiallisessa lähteessä: kokonaislaadun johtamisessa (TQM) ja six sigman tilastollisissa työkaluissa Motorolalla. Tänä päivänä six sigma on enemmän laaja, pitkän aikavälin päätöksenteon business-strategia kuin kapeasti rajattu laatujohtamisohjelma. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 6)

Laatujohtamista voidaan kuvata johtamisen vallankumoukseksi, uudenlaiseksi filosofiaksi parantaa organisaatioiden suorituskykyä tai kilpailukykyiseksi johtamiseksi. (Andersson et al. 2006, s. 282–283) Tänä päivänä six sigma on yhdistelmä six-sigman tilastollista mittaristoa sekä kokonaislaadun hallintaa ja paikallisia innovaatioita, jotka laajentavat sen fokusta. Pääkomponentit ovat keskittyminen asiakkaaseen, sen tunnistaminen, että kaikki työntekijät ovat vastuussa laadusta ja panostus työntekijöiden kouluttamiseen. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 8)

Six sigma on konsepti, jonka avulla yritykset voivat voimakkaasti parantaa jokapäiväistä toimintaansa vähentämällä hukkaa ja käytettyjä resursseja kasvattaen samalla asiakastyytyväisyyttä ja laatua (Andersson et al. 2006, s. 283, 288). Laatu on ollut tärkeä asia organisaatioille jo pitkään. Aikainen fokus liittyi laaduntarkkailuun ja laadunvarmistukseen. Kokonaislaadun hallinta tuli esiin 1990-luvulla ja se määritettiin yrityskulttuuriksi, jossa kasvatetaan asiakastyytyväisyyttä jatkuvalla parantamisella, johon jokainen yrityksen työntekijä osallistuu. (Andersson et al. 2006, s. 283–284)

Six sigma keskittyy myös vaihtelevuuden vähentämiseen ja jatkuviin parannuksiin. Vaihtelevuuden vähentämisessä päätarkoitus on asiakastyytyväisyyden lisääminen. Päätyökalut tähän ovat johdon osallistuminen, organisaatorakenne, infrastruktuuri, harjoittelu ja tilastollisten työkalujen hyödyntäminen. Tärkein näistä on johdon osallistuminen. Jokaisella organisaation jäsenellä on oltava tarkka roolinsa. (Andersson et al. 2006, s. 286) Näin voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia yrityksen kilpailukykyyn, kuten kuvasta 5. voidaan nähdä.



Kuva 5. Parannukset ajan myötä sig sigman tai leanin avulla yksinään (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 6).

Six sigma -projekti eli ns. DMAIC-projekti voidaan jakaa viiteen osaan, joita ovat:

1. Määrittäminen: määritetään prosessi, joka vaatii kehitystä
2. Mittaus: tunnistetaan prosessin keskeiset osat ja päätetään, miten niitä mitataan
3. Analyysi: analysoidaan muutosta vaativat osat
4. Parannus: suunnitellaan ja toteutetaan tehokkain ratkaisu
5. Kontrollointi: tarkistetaan, oliko toteutus onnistunut ja varmistetaan jatkuvuus (Andersson et al. 2006, s. 287)

Lean ja six sigma ovat tärkeitä osia laatujohtamisen toteuttamisessa yrityksissä. Lean ja six sigma on nykyisin yhdistetty termiksi lean six sigma, joka auttaa yrityksiä selviämään uudessa maailmassa, jossa asiakkaat odottavat virheettömyyttä ja nopeita toimituksia minimikustannuksella. (Andersson et al. 2006, s. 293)

Lean six sigma prosessikehityksen tapana ei ole vielä täysin kypsytynyt tarkaksi tutkimuksen alakseen. Yleisesti yhdistellessä näitä kahta periaatetta on monesti toimittu siten, että molempia on käsitelty erillisinä kokonaisuuksina. Tällöin on saattanut syntyä

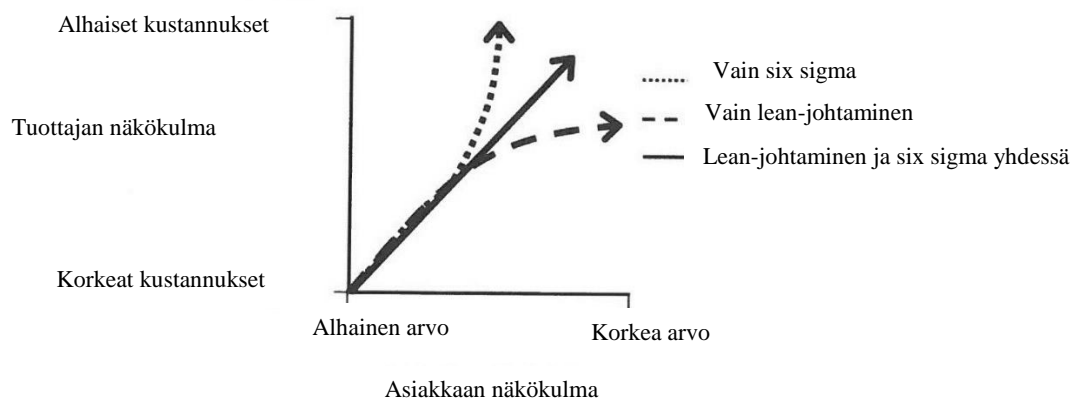
lean- ja six sigma -sivukulttuureita, jotka voivat aiheuttaa konflikteja kiinnostuksen kohteista ja resurssien käytöstä. (Pepper & Spedding 2010, s. 146–147)

Six sigma täydentää leania tarjoamalla työkaluja ja tietotaitoa, joiden avulla voidaan torjua tiettyjä ongelmia, joita lean-matkalla voidaan tunnistaa. Toisaalta six sigma keskittyy lähinnä projektiluontoisesti kustannusten hallintaan, johon taas lean tarjoaa tarvittavan asiakasnäkökulman. Näin lean ja six sigma ovat ideaaleja käytettäväksi yhdessä jatkuvan parantamisen projektin osina. (Pepper & Spedding 2010, s. 146–147) Silloin voidaan päästä eroon yksittäisten konseptien heikkouksista ja saavuttaa kestävämpi kilpailullinen etulyöntiasema, kuten kuvasta 6. voidaan nähdä. LSS-organisaatio voisi sisällyttää seuraavat kolme osa-aluetta lean johtamisesta:

1. Maksimoidaan arvoa tuottavat osat kaikista operaatioista
2. Arvioidaan systeemeitä kokonaisvaltaisesti
3. Luodaan päätöksenteon prosessi, jossa asiakas on kaiken keskiössä

Six sigmasta puolestaan voidaan poimia seuraavat kolme keskeistä osa-aluetta:

1. Perustellaan päätökset tilastollisella tiedolla
2. Pyritään eroon laadun vaihtelevuudesta eri keinoin
3. Suunnitellaan koko yritystä koskeva ja korkeasti rakennettu koulutus ja kehittämisohjelma. (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 16–17)



Kuva 6. Kilpailukykyyn kehitys LSS-organisaatioissa (Arnheiter & Maleyeff 2005, s. 16)

Yrityksen on monesti luotava uniikki yhdistelmä resursseja ja kilpailukykytekijöitä, jotta voidaan saavuttaa kaikki lean six sigman edut. Tämä ajatusmalli lähtee siitä, että yrityksellä on oltava kilpailuvaltteja, taitoja ja resursseja suorittaa systemaattisia toimia paremman kilpailullisen aseman saavuttamiseksi markkinoilla. Nämä osaamisalueet kattavat niin yksilölliset kuin yrityksenkin osaamiset. (Hilton & Sohal 2012, s. 55–56)

Yksilöiltä edellytetään monia osaamisalueita, joita ovat esimerkiksi:

- Selkeä ymmärrys yrityksen liiketoimintastrategioista ja -tavoitteista
- Vahva suuntaus prosesseihin
- Kyky hyödyntää tilastollisia tai analyyttisiä työkaluja ja tekniikoita
- Hyvät opetus- ja ryhmärakennustaidot

- Muutosjohtamistaidot ja -kokemus
- Moniosaamista eri liiketoiminnan osa-alueilta
- Kyky jatkuvaan oppimisprosessiin (Hilton & Sohal 2012, s. 60)

Toteuttajalla pitää olla tarvittava vastuu ja auktoriteetti toteuttaa muutokset, koska varmistuminen siitä, että lean six sigma onnistuu, on lopulta toteuttajan vastuulla. Koulutus, harjoittelu ja osallistuminen ovat kriittisiä osia laadunkehittämisen projekteissa. Tehokas parannusohjelma vaatii organisaation oppimista ja ilman organisaation oppimista ei ole jatkuvaa parannusohjelmaa. (Hilton & Sohal 2012, s. 64–65)

3.7.2. Lean ja joustava tuotanto

Joustava tuotanto esiteltiin ensimmäistä kertaa 1991 vastavoimana japanilaisten lean-filosofialle. Joustavan tuotannon koettiin reagoivan parhaiten muuttuneisiin kilpailutilanteisiin, joissa piti nopeassa ajassa reagoida muuttuviin asiakastarpeisiin korkean laadun ja korkeasti kustomoitujen tuotteiden osalta. Lean puolestaan luotiin alkujaan ennen kaikkea massatuotantoon, kun taas joustava tuotanto ennemmin matalavolyymiseen, korkeasti kustomoitujen tuotteiden tuotantoon. Leanissa keskiössä ovat teknologia ja systeemi. Joustavassa tuotannossa keskiössä ovat puolestaan ihmiset ja informaatio. (Castro et al. 2012, s. 269–270)

Joustava tuotanto nähdään paremmin asiakastarpeisiin reagoivana toimintamallina kuin lean. Muuttuvat prosessit, tuotteet/palvelut ja tuotantovolyymi ovat vaatimuksia, jotka yhdistetään joustavaan tuotantoon ja ovat vastaus valmistavien yritysten kansainvälistymiseen ja operointiin maailmanlaajuisella tasolla. (Castro et al. 2012, s. 279) Joustavuus on kykyä vastata muutoksiin ilman, että toiminnalliset tai tuotantoketjun kustannukset nousevat, ja että toimitusajassa on olematon tai korkeintaan hyvin pieni muutos. Muutos tarkoittaa tässä yhteydessä muutosta kysynnässä, myyntihinnoissa, henkilöstökuluissa, teknologioissa, työkaluissa, markkinatilanteessa tai tuotannollisessa ja logistisessa ympäristössä. (Simchi-Levi 2010, s. 134)

Joustavuus voidaan jakaa kolmeen osaan, joita ovat systeemi-, prosessi- ja tuotejoustavuus. Systeemijoustavuus tarkoittaa sitä, että tuotantojärjestelmässä kyetään toimimaan useiden erilaisten tuoteperheiden kanssa. Täysin joustavassa tilanteessa kaikki tuotantoyksiköt tuottavat kaikkia tuotteita, kun taas täysin joustamattomassa tilanteessa keskitytään vain yhteen tuoteperheeseen per tuotantoyksikkö. Näiden välillä voi olla eri variaatioita 2-systeemin joustavuudesta n-yksikön joustavuuteen. Systeemijoustavuus vaikuttaa ennen kaikkea positiivisesti toimitusketjun kustannuksiin vähentyvien kuljetuskustannusten takia. Samoin organisaatioilla on mahdollisuus parantaa vasteaikoja, palvelutasoa ja lopulta asiakaskokemuksia. (Simchi-Levi 2010, s. 133–145)

Toinen joustavuuden laji on prosessijoustavuus. Prosessijoustavuus on keskiössä Toyotan tuotantojärjestelmässä JIT- ja lean-tuotannon kautta. Näiden keskiössä on joustavuuden lisääminen vähentämällä tai kokonaan eliminomalla asetajat ja -kustannukset

ja suunnittelemalla U:n muotoiset tuotantolinjat, joissa työskentelevät monitaitoisiksi koulutetut työntekijät. Asetusaikojen pienentämisen hyödyt ovat selkeät, sillä korkeat asetusatavat vaativat linjaa tuottamaan suuria eräkokoja ja ottamaan hyöty irti massatuotannosta, mikä johtaa varastojen määrän kasvuun. Tämä rajoittaa tuotantolinjan aikaa muilta tuotteilta ja estää linjaa vaihtamasta usein tuotteesta toiseen. Toinen mahdollisuus on U:n muotoinen tuotantolinja, jossa koneet tai prosessit on järjestetty U:n muotoiseen tuotantolinjaan siihen järjestykseen, jossa tuotantovaiheet toteutetaan. Työntekijät on koulutettu useiden eri työvaiheiden taitajiksi ja layout tukee tiedonjakoa työntekijöiden kesken lisäten joustavuutta. (Simchi-Levi, s. 147–159)

Kolmas joustavuuden laji on tuotejoustavuus. Modulaarinen tuotearkkitehtuuri, viivästetty erikoistuminen, standardiprosessit ja yhteiset osat tarjoavat tuotejoustavuutta ja mahdollistavat tuotantoketjun reagoinnin teknologian, kysynnän ja määrien muutoksiin. Modulaarisuus voi johtaa kuitenkin myös haasteisiin, kuten pidempään kehitysaikaan, kasvavaan monimutkaisuuteen ja kustannuksiin, suoritus- ja laatuhaasteisiin ja korkeampaan koordinaation asteeseen. Tuotesuunnittelun osalta tämä vaatii kokonaisvaltaista näkökulmaa siitä, miten arvioidaan erilaisia tuotekehityksen vaihtoehtoja koko elinkaaren aikaisten kustannusten osalta. (Simchi-Levi 2010, s. 161–171)

4. Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin työhön valitusta tutkimusmetodologiasta ja miksi nämä valinnat on käytännössä tehty. Tutkimusmetodologiset valinnat sisältävät tärkeitä oletuksia siitä, millaisia tuloksia tullaan saavuttamaan ja ovat siitä syystä keskeisiä osia diplomityön onnistumisessa. Nämä oletukset tulevat määrittämään pitkälle sen strategian ja metodit, joita tutkimusotteessa käytetään. (Saunders et al. 2009, s. 108)

Aineiston keruun menetelmiä tullaan kuvaamaan myös aiemmin esiteltyä tarkemmin. Tavot määrättyvät pitkälti valittavan metodologian ja työn luonteen perusteella. Koska tavoitteena on sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen mittausdatan kerääminen prosessin aikana, aineistonkeruussa tarvitaan useampia erilaisia metodeita.

4.1. Tutkimusmetodologia

Saunders et al. (2009, s. 108) mukaan tieteellisen tutkimuksen metodologian muodostaminen rakentuu erilaisista vaiheista, joita ovat tutkimusfilosofian, lähestymistapojen, strategioiden, valintojen, aikahorisontin ja tiedonkeruutekniikoiden valinta. Tässä osassa lukua kuvataan näistä viiden ensimmäisen tason valinnat perusteluineen ja myöhemmin myös seuraavissa alaluvuissa tiedonkeruun tekniikat ja tiedon analysointimenetelmät.

4.1.1. Tutkimuksen filosofia ja lähestymistavat

Suurin vaikutus tutkimusfilosofian valinnassa on jokaisen yksilöllinen näkökulma tiedon ja prosessin välillä. Jokaisella valinnalla on omat hyvät ja huonot puolensa. Yleisimmät tässä kohdassa tehtävät päätökset liittyvät päätöksiin epistemologiasta ja ontologiasta eli siitä, mitä on tieto ja mitä on totuus. (Saunders et al. 2009, s. 109–112)

Tutkimusfilosofisesta näkökulmasta diplomityö on lähimpänä pragmaattista lähestymistapaa. Siinä tärkeimpänä asiana epistemologian, ontologian ja metodologian kannalta nähdään tutkimuskysymykset, jotka määräävät tehtäviä valintoja ja analyysyjä. Tässä menetelmässä niin kvalitatiiviset kuin kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät ja näiden yhdistelmät ovat mahdollisia ja monesti myös erittäin suositeltaviakin. Jokaisen pitäisi siis tutkia sitä, mikä tutkimuksellisesti tuottaa arvoa ja on kiinnostavaa, tutkia erilaisilla tavoilla, jotka koetaan tarpeellisiksi ja käyttää tuloksia siten, että voidaan saavuttaa arvokkaita hyötyjä organisaatiolle. (Saunders et al. 2009, s. 109)

Tutkimuksen lähestymistavoissa voidaan erottaa kaksi keskeistä erilaista lähestymistapaa eli deduktiivinen ja induktiivinen. Deduktiivinen liittyy näistä teorian testaukseen ja on siten teoriapohjainen ajatusmalli. Se on dominoivin lähestymistapa luonnontieteissä,

joissa lait ovat tutkimuksen keskiössä. Deduktiivisessa tutkimusotteessa on useita tärkeitä ominaisuuksia. Ensinnäkin eri muuttujien väliltä halutaan osoittaa ajallinen yhteys. Sitä varten rakennetaan hypoteesi, jota sitten testataan käytännössä. Toiseksi tutkimusprosessi on rakennettava siten, että hypoteesia voidaan testata kvantitatiivisesta näkökulmasta. Kolmas keskeinen ominaisuus on yleistettävyyks. Jotta työn tuloksia voitaisiin yleistää, on otoksen oltava sopivan kokoinen. (Saunders et al. 2009, s. 124–125)

Toinen lähestymistapa perustuu aineistoon ja sen tarkoituksena on luoda uudenlaista teoriaa. Tätä tapaa kutsutaan induktiiviseksi. Siinä ollaan kiinnostuneita olosuhteista, joissa tutkimusta tehdään ja siksi myös aineisto on usein deduktiivista tutkimusta pienempi. Kerätty data on usein kvalitatiivista ja usein käytetään myös erilaisia metodeita tiedon keräämisessä. Induktiivisessa lähestymistavassa halutaan usein selvittää, miksi jotain tapahtuu ennemmin kuin, mitä tapahtuu. (Saunders et al. 2009, s. 125–126)

Diplomityön kannalta deduktiivinen tutkimusote on vähäisemmässä roolissa ja pääroolissa on induktiivinen tutkimusote. Vaikka jo olemassa olevaa teoriaa käytetään ratkaisun tekemisessä ja sitä löytyy työn kannalta oleellisen paljon, juuri tätä alaa ja tuotantoprosessia koskevaa teoriaa ei ole paljoa saatavilla. Siksi työtä varten yksilöllisistä tuotantoprosesseista ja työtä tekeviltä ihmisiltä kerättävällä datalla on suuri rooli työn tulosten kannalta.

Työn aikataulun osalta yrityksessä ei myöskään kyetä tekemään tuotantoon niin suuria muutoksia, että teoriaosassa esiteltyä teoriaa päästäisiin testaamaan suuressa mittakaavassa käytännössä. Lean-kehitysprojektit ovat laajoja kokonaisuuksia ja pitkällä aikavälillä toteutettavia, ja koska yrityksen nykyinen tuotantorakenne ei nopealla aikataululla salli suurien muutoksien tekemistä ja testaamista, on työn pääpaino induktiivisessa eli aineistoon perustuvassa lähestymistavassa. Yrityksessä ei ole aiemmin myöskään toteutettu laajoja tuotannon kehitysprojekteja, joten muutoksiin lähteminen vaatisi pidemmän ajan testaus- ja kokeiluvaiheen, joihin työn mittapuissa ei ole mahdollisuuksia. Siksi työssä pääpaino tulee olemaan tuotannonkehittämissuunnitelman tekemisessä ja vaikutusten arvioinnissa.

4.1.2. Tutkimusstrategia ja aikaikkuna

Tutkimusstrategian valinnassa keskeisinä ohjaavina tekijöinä ovat tutkimuskysymys ja työn tavoite, käytettävissä olevat aika ja resurssit sekä aiemmin esitelty tutkimusfilosofiset valinnat (Saunders et al. 2009, s. 141). Tässä työssä päätutkimuskysymyksenä asetettiin työn ensimmäisessä luvussa kysymys: mitä eri keinoja on parantaa suurten ajoneuvolasien valmistusta niin virtauksen kuin kustannustehokkuudenkin osalta lean-periaatteita hyödyntäen. Tavoitteeksi oli puolestaan asetettu selvittää suurten ajoneuvolasien tuotannon nykytila, haasteet ja kehitysmahdollisuudet erityisesti asiakastarpeiden tyydyttämisen, läpimenoaikojen ja laaduntuoottamisen osalta. Näiden määrittelyjen poh-

jalta työn tutkimusstrategiaksi valikoitui konstruktiiivinen tapaustutkimus. Siinä yhdistyvät konstruktiiivisen ja case- eli tapaustutkimuksen piirteet.

Konstruktiiivinen tutkimusote tuottaa nimensä mukaisesti konstruktioita, joilla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja tuottamaan uusia näkökulmia tarkastelemaan tieteenalalle. Ongelmat ovat sellaisia, jotka koetaan käytännön kannalta tärkeiksi ratkaista. Mallia sovelletaan yhdessä yrityksen edustajien kanssa. Raportoinnin painopiste on kehitetyn ratkaisun esittelyssä, teoriakytkentöjen osoittamisessa, uutuusarvon osoittamisessa ja yleistettävyyden toteutamisessa. Yritykset toivovat monesti välittömiä hyötyjä, koska mallin käyttäminen edellyttää usein yritykseltä panostamista. (Lukka 2014 ja Virtanen 2006, s. 46–52)

Case-tutkimuksessa tutkitaan jotain todellisen maailman ilmiötä käyttäen monia erilaisia tiedonlähteitä. Tutkittavat tapaukset ovat lähes ainutkertaisia ja niitä tutkitaan niiden omassa, uniikissa ympäristössä. Case-tutkimusta käytetään etenkin silloin, kun halutaan saavuttaa suuri ymmärrys tutkimuksen kontekstista ja käsiteltävinä olevista prosesseista. Tutkimuksessa vastataan etenkin siihen, miksi jotain tehdään, mutta myös mitä- ja miten-kysymyksiin voidaan saada vastaus. Case-tutkimuksessa voidaan hyödyntää myös triangulaatiota eli hyödyntää sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tiedonkeruutapoja datan hankinnassa. Samoin voidaan tutkia joko yksittäisiä tai useita tapauksia kerrallaan. (Saunders et al. 2009, s. 145–146 ja Aaltio 2014)

Tämän työn osalta konstruktiiivinen näkökulma toteutuu siinä, että työn tavoitteena on kehittää suurten ajoneuvolasien tuotantokonseptia ja rakentaa uudenlainen ja parempi toimintamalli tämän tyyppisten lasituotteiden valmistamiseen. Toisaalta kyseessä on myös case-tutkimus, koska tutkimusta varten rajattiin kaksi keskeistä tuotantoketjua, TK-osaston eli taivutettujen karkaistujen lasien osaston linja-auton sivulasien ja LA-osaston eli linja-auton tuulilasien osaston tuotantoketjut lasien valmistukseen. Tarkasteltaviksi tapauksiksi valikoituivat tuotannon ja liiketoiminnallisen potentiaalin kannalta merkittävät lasisarjat kohdeyrityksen tuotannosta. Teollisuudenalan suurten pääoma- ja investointikustannusten sekä myös aiemmin kuvattujen aikataulusyiden vuoksi konstruktiiivisen tapaustutkimuksen käytännön testauksen osuus jää kuitenkin tutkimuksen puitteissa vähälle huomiolle ja vaatisi lisätutkimusta tämän aihepiirin alueella.

Ajallisesti diplomityössä saavutetaan monesti vain poikkileikkaus tutkittavasta ilmiöstä ja tämä on tilanne myös tässä työssä. Tuotantoprosessin analysoinnissa oli kyseessä niin lyhyt aika, ettei tuotantoa voitu seurata pidempään. Aineistonkeruuprosessi kesti ajallisesti helmikuusta huhtikuuhun 2016, jona aikana tuotannosta meni läpi vain muutamia sellaisia sarjoja, joista koettiin merkittävyyden kannalta olevan hyötyä työn toteuttamiseen. Tuotantodatan keräämiseen jälkeen pääasiassa huhti-toukokuun aikana toteutettiin lisäksi näiden lasien tekijöille osoitettu kysely. Työn kokonaisuuden ja datan luotettavuuden kannalta oleellista on kuitenkin, että tuotanto toistuu kaiken aikaa samalla tavoin, joten kerättyä dataa voidaan pitää merkittävänä.

4.2. Tiedonkeruu ja aineisto

Tutkimusfilosofisista ja -strategisista valinnoista johtuen työn aineistoksi haluttiin sekä kvantitatiivista, mitattua dataa että luokittelematonta, kvalitatiivista dataa. Data kerättiin hankkimalla tietoa niin primäärisistä eli ensikäden kuin sekundäärisistä eli toisen käden lähteistä. Tämä toteutettiin työssä primääridatan osalta kahdella tavoin eli työaikoja mittaamalla havainnoimalla työpisteitä sekä toteuttamalla työntekijöille avoin kirjallinen kysely, jossa tiedusteltiin ihmisten suhtautumista itse prosessin toimintaan sekä nykyiseen tiedonhallintaan. Sekundäärisen tuotantotiedon hankinnassa hyödynnettiin puolestaan muita tietolähteitä ja sellaista tietoa, joka oli tuotettu yrityksen muita tarpeita varten.

4.2.1. Kvantitatiivinen tiedonhankinta

Tuotantotiedon keräämisessä käytettiin strukturoitua havainnointia. Havainnoinnin etuna on, että sen avulla saadaan välitöntä ja suoraa informaatiota yksilön, ryhmien ja organisaatioiden toiminnasta ja käyttäytymisestä. Strukturoitu havainnointi on kvantitatiivista ja siinä ollaan kiinnostuneita siitä taajuudesta, millä asioita tehdään. Siinä käytetään tarkkaan ennakkoon suunniteltuja rakenteita tiedon hankintaan. (Saunders et al. 2009, s. 300 ja Saaranen-Kauppinen & Puustniekka 2006)

Kvantitatiivisen primääriaineiston keruussa hyödynnettiin työtä varten kehitettyjä työajanseurannan kaavakkeita, joilla saatiin selville perinteisesti kellottamalla jokaiseen työvaiheeseen kuuluva aika tietyllä sarjalla samoja laseja. Kellotuksen hoitivat pääosin tuotannosta vastaavat osastojen vastuuhenkilöt, joiden kokemuksesta ja näkemyksistä oli suuri hyöty tämän mittausdatan hankinnassa. Kaavioita oli kahdenlaisia. Niillä saatiin tuotannon aikadata sekä linja-auton sivulasien että kylmien ja lämmitettävien tuulilasien tuotannosta. Osastojen vastuuhenkilöt osallistuivat näiden kaavakkeiden laatimiseen diplomityöntekijän kanssa, jolloin kaavakkeisiin saatiin kaikki ne oleelliset työvaiheet, jotka prosessin kannalta olivat keskeisiä. Tätä tietoa hyödynnettiin tarkemman analyysin teossa, josta kerrotaan lisää työn seuraavassa alaluvussa.

Sekundäärinen kvantitatiivisen aineiston hankinnassa auttoi yrityksen tietojärjestelmistä ja yleisistä tilastoinneista saatava tieto. Tästä tiedosta työn kannalta oleellisia olivat toimitusvarmuuteen ja sisäisiin sekä asiakasreklamaatioihin liittyvät tilastot.

4.2.2. Kvalitatiivinen tiedonhankinta

Kvalitatiivisen datan keruussa pääasiallinen tiedonhankintatapa oli avoimiin kysymyksiin perustuneet kyselyt, joissa jokainen kyselyyn osallistunut sai esittää asioista nimettömänä oman mielipiteensä. Kyselyssä vastattiin aina samaan sarjaan kysymyksiä samassa järjestyksessä (Saunders et al. 2009, s. 360). Tämä kysymyspatteristo on tarkemmin esiteltyä liitteessä 1. Otos kattoi yhteensä noin kolmekymmentä tuotannon ja myös osittain toimihenkilöpuolen edustajaa, jotka jollain tavoin liittyivät keskeisesti tä-

hän yrityksen tuotantoprosessiin. Tästä otoksesta saatiin lopulta vastaukset kahdelta-kymmeneltä vastaajalta, mitä voidaan työn nopean aikataulun huomioon ottaen pitää hyvänä määränä. Etenkin TK-osaston osalta vastausprosentti oli lähes täydellinen. Näin saatiin tarkempaa ja syvällisempää näkemystä prosessin nykytilasta ja kartoitettua sitä, löytyykö työntekijöiltä käyttökelpoisia ajatuksia tuotannon kehittämiseen.

Kvalitatiivista dataa diplomityöntekijä sai myös yleisellä tasolla havainnoimalla tuotantoa paikan päällä. Havainnoidessa nähtiin paremmin, miten tuotanto todella etenee ja lasi liikkuu tehtaalla paikasta toiseen. Vaikka diplomityöyritys oli kohteena tuttu tekijälle jo useamman kesän ajalta, niin tässä yhteydessä selvisi myös sellaisia asioita, joita diplomityöntekijä ei ollut osannut ennen ajatella. Diplomityön lisäksi muutenkin vakiutuisessa työsuhteessa ollut työntekijä pääsi päivittäin seuraamaan yrityksen arkea ja keskustelemaan erilaisista työtään koskevista asioista ja jakamaan ajatuksiaan koke-neempien tuotanto- ja toimihenkilöiden kanssa. Monesti näissä epämuodollisissa keskusteluissa heränneistä ajatuksista sai uusia kimmokkeita viedä työtä uusiin suuntiin. Diplomityöntekijä oli itsekkin osana tarkastelun alla olleiden lasien tuotantoprosessia prosessin loppupäässä laskuttamalla ulkomaille lähteviä laseja asiakkailta.

4.3. Tiedon analysointi

Kerättyä dataa lähdetään analysoimaan työn seuraavissa luvuissa. Työn tulokset -luvussa luodaan katsaus aineiston perusteella saavutettuihin työn keskeisiin tuloksiin ja tarkemmin niitä analysoidaan tulosten tarkastelu -luvussa. Erityisesti tutkimuksen kohteeksi asetetaan leanin kannalta oleelliset hukan lajit, joita etsitään tuotannosta kerätyn datan perusteella niin kvantitatiivisesta mittausdatasta kuin tuotannon havainnoinnista ja kyselyistä saatujen tulosten pohjalta.

Kvantitatiivisen datan analysoinnissa apuna ovat teorialuvuissa kuvatut erilaiset arvovirta-analyysit, joista nähdään tuotannon läpimenoaikoja, pullonkauloja ja muutenkin sitä, millä tavoin lasi jalostuu tuotantoprosessissa. Kvalitatiivisesta aineistosta tutkitaan yhtäläisyyksiä ja kootaan yhteen kyselyistä saatuja vastauksia. Näiden perusteella saadaan tarkka kuva prosessin nykytilasta ja tämänhetkisistä tuotannon haasteista.

Saatujen tulosten pohjalta yritykselle pyritään rakentamaan tulevaisuutta varten toimintamalli teoriaan tukeutuen isojen ajoneuvolasien tuotannon kehittämisestä. Esitettyjen toimien vaikutuksista pyritään antamaan yritysjohton tarpeisiin mahdollisimman tarkkoja vaikutusanalyyskejä, joiden perusteella johto voi tehdä päätöksiä yrityksen tulevaisuuden suunnasta.

5. Työn tulokset

Työn seuraavassa luvussa kootaan yhteen työnajanseurannan, kyselyiden ja muiden kirjallisten lähteiden sekä havainnoinnin kautta saatava tieto Jaakko-Tuote Oy:n suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessista.

5.1. Suurten ajoneuvolasien tuotannon luonne

Ensimmäisessä alaluvussa tuodaan esiin nykyisen tuotannon luonne asiakasarvon, laatuksymysten ja tuotannonsuunnittelun osalta. Samoin sivutaan yrityksen asiakasrajapintaa ja kuvataan, minkälaisen vaikutuksen asiakkaiden käyttäytyminen luo tuotantoon ja myynnin ohjaukseen.

5.1.1. Ajoneuvolasien asiakasarvon osatekijät

Ajoneuvolaseilla hinta, toimitusvarmuus, laatu ja tuotevariaatioiden määrä ovat neljä keskeistä asiakasarvon osa-aluetta, joilla yritykset voivat kilpailla. Laseilla ei ole ollut vielä kovin pitkään kansainvälistä hintakilpailua, koska alalle ei ole ollut suurten pääoma- ja perustamiskustannusten takia helppo tunkeutua. Nykyisin kuitenkin, kun esimerkiksi itä-eurooppalaiset valmistajat ovat kyenneet kehittämään tuotantoaan, ovat suomalaiset yhtiöt joutuneet monesti heikoille kilpaillessaan näiden halvemman työvoiman maiden yritysten kanssa. Hinta vaikuttaa etenkin siinä tilanteessa, kun asiakkaalle on tarjolla useita samanarvoisia tuotteita, jolloin halvemman tarjouksen antanut yritys usein voittaa tarjouskilpailun.

Tässä tilanteessa suomalaisella yrityksellä pitää olla tarjota jotain sellaista arvoa kilpailutilanteeseen, että asiakas alkaisi harkita muitakin kuin vain halvinta vaihtoehtoa. Toimitusvarmuus on edelleen monia kilpailijamaita parempi, mitä monet asiakasyritykset pitävät erityisen tärkeänä. Tämä korostuu Euroopan alueella etenkin toimittaessa Lähi-idässä olevien kilpailijoiden kanssa. Vaikka valmistuskustannukset ovat merkittävästi pienemmät, ovat toimitusvarmuuden riskit esimerkiksi Turkissa merkittävän suuret. Monilla asiakasyrityksillä on kuitenkin itselläänkin vastuuta jollekin toiselle yritykselle toimitusajoista muun muassa projektien valmistumisen osalta, joten lasien toimitusaikojen pitävyys on keskeisessä osassa koko projektin valmistumisen kannalta.

Laatu on myös keskeinen osa asiakasarvoa. Lasialalla tähän on vastattu siten, että vuodesta 2014 lähtien yrityksillä on rakennuslasien osalta ollut velvollisuus suunnitella tuotantoketju siten, että se vastaa kansainvälisen CE-merkinnän vaatimuksiin. Ajoneuvolasien osalta lähes vastaava määräys on jo pidempään ollut ECE 43R -säännöstö. Näitä

todistuksia tullaan yhä useammin myös vaatimaan, eikä niitä voi käyttää, jos tuote ei vastaa sille asetettuja määräyksiä. Useiden käyttökohteiden takia erilaisilla tuotestandardeilla säädellään monia tuotteen ominaisuuksia. Lainsäädäntö asettaa tiukkoja määräyksiä erilaisten vaativaan käyttöön tulevien lasikomponenttien ominaisuuksille. Lasin käyttö materiaalina ei saa vaarantaa ihmisten ja omaisuuden turvallisuutta. Merkintöjen ollessa kunnossa, on niillä myös työturvallisuutta parantava vaikutus. Tarkat tuotantoprosessit, toimintamallit ja tiukka valvonta eivät anna työntekijälle sooloilun varaa ja samanlaisina toistuvat työvaiheet muuttuvat ajan mittaan rutiineiksi. Tuotantoprosessin standardointiin pyrkiminen onkin erityisen tärkeää, koska yhden millin paksuinen lasi painaa $2,5\text{kg/m}^2$. Lasien osalta valvontaa tehdään niin VTT:n kuin Trafín osalta.

Lasi onkin monesti turvallisin ratkaisu useisiin eri kohteisiin, koska sen ominaisuuksia sekä paksuutta ja sitä kautta turvaavaa vaikutusta on helppo lisätä laittamalla useita lasia päällekkäin ja jalostamalla peruslasia karkaisulla, laminoinnilla tai eristyslasiksi teollia. Tämä on tärkeää, koska esimerkiksi ajoneuvolasien täytyy kestää satojen kilometrien tuntinopeuksissa tulevaa ilmanpainetta, erilaisia säiden vaihteluita, mahdollista ilkivaltaa ja myös kivien sekä muiden lentävien partikkelien iskuja. Joskus lasin on myös tarvittaessa rikkouduttava turvallisesti, kuten erilaisissa ajoneuvojen hätäpoistumistieikunnoissa. Samoin optiikan on oltava hyvä, jotta lasissa ei ole havainnointia häiritseviä vääristymiä. Monenlaiset mahdolliset riskit on osattava ottaa huomioon, koska vahingon sattuessa valmistaja joutuu usein lopulliseen vastuuseen onnettomuudesta.

CE-merkinnällä ja ECE 43R:n määräyksillä valmistaja takaa sen, että tuote sopii käyttötarkoitukseensa ja täyttää sille ilmoitetut ominaisuudet. Siksi valmistajalta edellytetään jatkuvaa, dokumentoitua sisäistä laadunvalvontajärjestelmää. Järjestelmät varmistavat omalta osaltaan rakenteiden toimivuuden, mikä on tärkeää ihmishenkien ja omaisuuden turvaamisessa. Lasiteollisuuden piirissä CE-merkintä koskee pääsääntöisesti kaikkia ikkunoita ja sisäänkäyntiovia valmistavia yrityksiä, koska näille tuotteille on olemassa harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi. Samoin ECE 43R koskee kaikkia sellaisia valmistajia, joiden lasia voidaan käyttää erilaisten ajoneuvojen suojalaseina. (Lasin Maailma 1/2012, s. 22-23)

Auditoiduilla tuotantojärjestelmillä valmistaja saa paremman kuvan omista tuotantomenetelmistään ja tietoa eri kokonaisuuksien suojausominaisuuksista. Tällaiset laatuvaatimukset toimivat myös kilpailua suojaavina tekijöinä, koska vaatimustenmukaisuuden osoittaminen vaatii monesti myös isoja rahallisia panostuksia yrityksiltä. Valtio onkin ollut suostuvainen tukemaan kansallisia yhtiöitä, koska yhtenäinen merkitseminen takaa myös pääsyn kansainvälisille markkinoille ja lisää vientiä.

Merkinnät antavat turvaa myös asiakkaalle. Kun valmistaja on saanut luvan käyttää merkkiä tuotteissaan, on se asiakkaallekin tieto siitä, että yritys panostaa laadunvalvontaansa, ja että tuotteet soveltuvat käyttötarkoitukseensa. Asiakkaan on myös halutessaan

löydettävä ja saatava tarvittava informatiivinen tieto lasin valmistustavasta sekä laatu-standardien vaatimista testeistä. Tämä koskee julkisen sektorin lisäksi yksityisiä henkilöitä.

Jaakko-Tuotteella laatuasioiden hallinnan tueksi on määritelty ISO 9001:2015 -standardiin perustuen laatukäsikirja, sillä vain jatkuvalla laadun kehittämisellä voidaan taata asiakkaiden tyytyväisyys. Jotta tässä raportissa asetetut laatutavoitteet täyttyisivät yrityksessä, on jokaisen työntekijän noudatettava laatukäsikirjan ohjeita ja periaatteita. Yrityksen laatujärjestelmä koskee lasikomponenttien valmistusta ja siihen liittyviä toimintoja. Sen asiakirjoja ovat:

- Laatukäsikirja
- Menettelyohjeet
- Työohjeet
- Viiteohjeet
- Laatutiedostot. (Falck 2015, s. 3–4)

Yrityksen laatuvaatimukset valvoo, että vaadittavat asiakirjat ovat sellaisia kuin niiden pitää olla ja vastaavat niitä määräyksiä, joita viranomaiset ovat lasiteollisuuden määritelleet. Yrityksen toiminta-ajatuksena on ajoneuvojen sekä rakennusteollisuuden lasitus-tarpeiden tyydyttäminen valmistamalla ja markkinoimalla kattavasti tähän tarvittavia komponentteja, niiden osia, varaosia, tarvikkeita ja palveluita. Asiakasvaatimusten ohella toimintaa säätelevät sekä kansallisten että kansainvälisten aineenkoetuslaitosten asettamat vaatimukset lasien ominaisuuksista. (Falck 2015, s. 4–5)

Toiminnasta tehdään myös auditointeja säännöllisin väliajoin. Ne raportoidaan ja niitä käsitellään johdon katselmuksissa, joissa päätetään myös mahdollisista jatkotoimenpiteistä. Samoin tuotannossa tehdään tarkastuksia ja valvontaa tuotteille, jotta kaiken aikaa pysytään selvillä siitä, että tuotteet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Jos joudutaan valmistamaan kokonaan uusia lasikokoonpanoja, on yrityksen haettava ennen valmistuksen aloittamista ECE 43R -merkintälupa Trafilta. Lasista on myös valmistettava testikappaleet, jotka VTT testaa ja lähettää sitten testiraportit Jaakko-Tuotteelle. (Falck 2015, s. 17 ja 20)

Tuotevariaatioiden osalta Jaakko-Tuotteen suurten ajoneuvolasien tuotanto on hyvällä tasolla. Erilaisia osakokonaisuuksia valmistetaan paljon, jolloin asiakas saa usein kaikki autoihinsa tarvitsemansa lasit samasta paikasta. Samoin yritykseltä löytyy valmiudet valmistaa useimpien suurien ajoneuvovalmistajien ajoneuvoihin lasituotteita. Tämä on keskeistä yrityksen kokonaisuuden kannalta, koska Jaakko-Tuotteella on vahvin markkinapaikka juuri tällaisissa korkean jalostusasteen tuotteissa, joiden valmistukseen monilla muilla yrityksillä ei vielä ole valmiuksia. Samoin hinnan osalta näistä on vielä saatavissa parempaa katetta kuin markkinahinnan määrittämisestä alemman jalostusasteen tuotteista.

Yrityksessä on myös lähdetty hyvin mukaan uusien tuotteiden kehittämiseen. Asiakkaan toimittaman lasimallin pohjalta mallinnetaan tietokoneella leikkausmalli ja mahdollinen uusi silkkipainotyökalu tai taivutusmuotti, jonka jälkeen lasia voidaan lähteä valmistamaan omilla tuotantolaitteilla. Lisäksi yrityksellä on kapasiteettia valmistaa tuotantoa suurissa sarjoissa kerrallaan ja se onkin tämänhetkisellä tuotannon layoutilla järkevämpää kustannustehokkuuden ylläpitämisen kannalta.

5.1.2. Tuotannonsuunnittelu, myynti ja asiakasrajapinta

Ajoneuvolasien valmistuksessa keskeisimpinä toimintaperiaatteina ovat tilaus- ja varasto-ohjautuvuus. Lisäksi tuotanto perustuu sarjoihin, joissa valmistetaan koneiden kapasiteetin ja tuotannon kannalta tarpeeksi suuria eriä kerrallaan, jotta koneiden asetusajat saadaan parhaalla tavalla optimoitua. Kaikessa toiminnassa korostuu teoriaosassa kuvattu resurssitehokkuus eli resursseilla, joita ovat tämän yrityksen tapauksessa keskeisesti koneet ja työtä tekevät ihmiset, pitäisi aina olla jotain tehtävää tuotannossa. Moniin työpisteisiin muodostuu jonoja, kun jalostustahti ei ole kaikkialla yhtä nopea. Näitä asioita tullaan käsittelemään tarkemmin tuotannon virtauskaavioista nähtävien tulosten kohdalla.

Tilausohjautuvassa tuotannossa asiakkailta tulee joko suoraan tilaus tai esiasasteessa tarjouskysely, jonka perusteella myynti laskee asiakkaalle hinnan ja ilmoittaa toimitusajan tuotannon sen hetkiseen kuormitukseen perustuen. Myös asiakkaalta itseltään tulee usein toive siitä, milloin lasien pitäisi olla valmiina. Normaalisti toimitusajat ajoneuvolaseilla ovat tilanteesta riippuen 3-5 viikkoa, mutta jos lasia löytyy valmiiksi varastosta, voi toimitus tapahtua nopeastikin. Suuret asiakkaat tilaavat lasinsa monesti kuitenkin melko ajoissa tuotannon kannalta, jolloin joillekin lasille voi tulla toimitusajaksi kahdeksankin viikkoa. Näin etenkin suurten asiakkaiden tilaussyklillä on suuri vaikutus tuotannon suunnitteluun ja aikatauluttamiseen, koska näiden asiakkaiden omista tilauskannoista riippuu pitkälle se, kuinka kuormitettuna Jaakko-Tuotteen oma lasituotanto aina kulloinkin on. Jos linja-autoja ei mene kaupaksi, ei myöskään tarvita lasia niiden osakomponenteiksi.

Yrityksellä on sekä toimitusten jälkeen laskutettavia asiakkaita että sellaisia asiakkaita, joille lasku lähetetään välittömästi tilauksen jälkeen ennakkona. Tuotannon kannalta oleellista on kuitenkin, että melko pitkien toimitusaikojen takia ennakkona laskutettavien asiakkaidenkin tilaukset on laitettava työn alle ennen asiakkaan maksusuorituksia. Toimitusajan suunnittelussa on monta muuttuvaa tekijää, koska monesti ajoneuvolasit vaativat koko yrityksen kattavan tuotejalostuksen läpikäynnin, jolloin tuotannonsuunnittelussa on myös huomioitava rakennuslasiteollisuuden valmistettavien lasien kuormittamat koneet. Vaikka ajoneuvolasien valmistus on jaettu omiksi osastoikseen, kiertää lasi tuotannossa myös muiden osastojen kautta, koska funktionaalisen layoutin omaavalla tehtaalla koneiden sijoittelu ei välttämättä enää ole kaikkein optimaalisin tuotannon

parhaaseen kulkuun. Myös mahdolliset koneeseisokit, loma-ajat ja virheelliset tuotteet vaikuttavat kokonaiserien toimitusaikoihin.

Tilausohjautuvuuden lisäksi laseja tehdään varasto-ohjautuvasti. Tietyistä yleisimmistä lasityypeistä pidetään yllä varastoja, joihin laseja valmistetaan siltä varalta, että asiakas tarvitsee lasit nopeasti tilauksen jälkeen. Toinen keskeinen varasto-ohjautuvuuden peruste liittyy taloudelliseen eräkokoon, koska laseja ei kannata lähteä valmistamaan yksittäisinä kappaleina suuren jalostustarpeen takia. Jos asiakas tilaa esimerkiksi vain muutaman lasin, kannattaa laseja siitä huolimatta tehdä suurempi sarja ja varastoida ylimääräiset, jolloin jollekin toiselle asiakkaalle löytyy lasit valmiina varastosta.

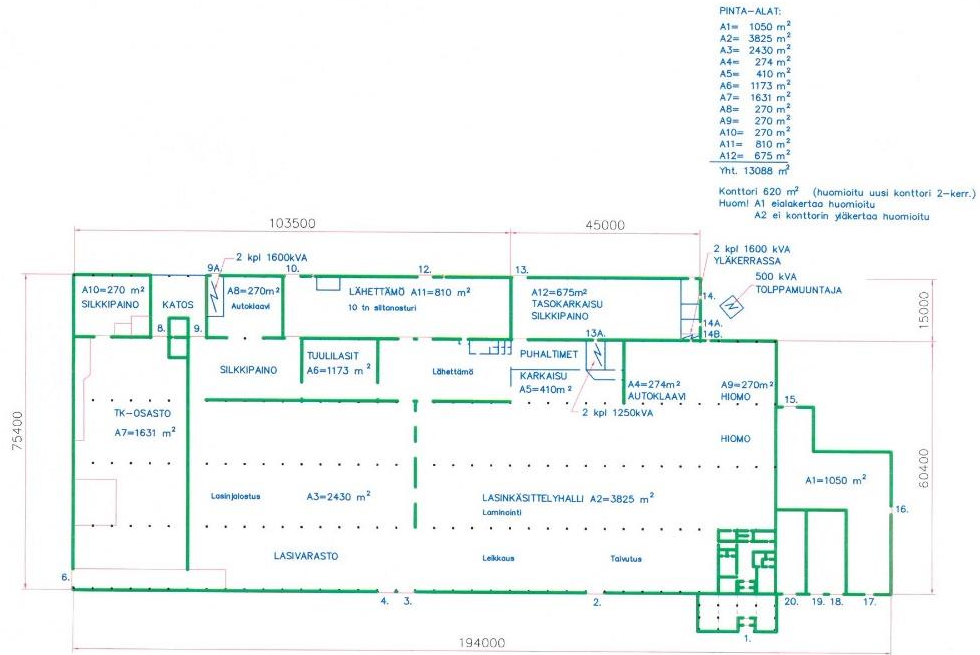
Yrityksen asiakkaina suurten ajoneuvolasien valmistuksessa ovat sekä suuret että pienet koritehtaat kotimaassa ja Euroopassa. Laseja menee myös jonkin verran suoraan kuljetusliikkeille. Lasit ovat sekä ajoneuvojen uudistuotantoon että varaosiksi vanhempiin ajoneuvoihin. Uusia lasikokoonpanoja tulee kaiken aikaa, mikä vaatii suunnitteluosastolta tarvittavia työkaluja, jotta uudet mallit kyetään saattamaan tuotantoon ja erilaiset työstöt saadaan tehtyä oikealla tavalla. Monet Jaakko-Tuotteen asiakkaista ovat ajoneuvojen valmistusteollisuudessa kilpailijoita keskenään, jolloin jonkin asiakkaan saadessa tilauksen, joku toinen asiakas ei sitä saa. Jaakko-Tuotteelle tällä ei monesti ole sinänsä merkitystä, jos yritykseltä löytyy valmiudet valmistaa tarvittavat lasit sekä olemassa oleva asiakassuhde molempiin ja nämä asiakasyritykset ovat volyymiltään ja vaikuttavuudeltaan yhtä suuria.

5.2. Tuotantoprosessien kuvaukset

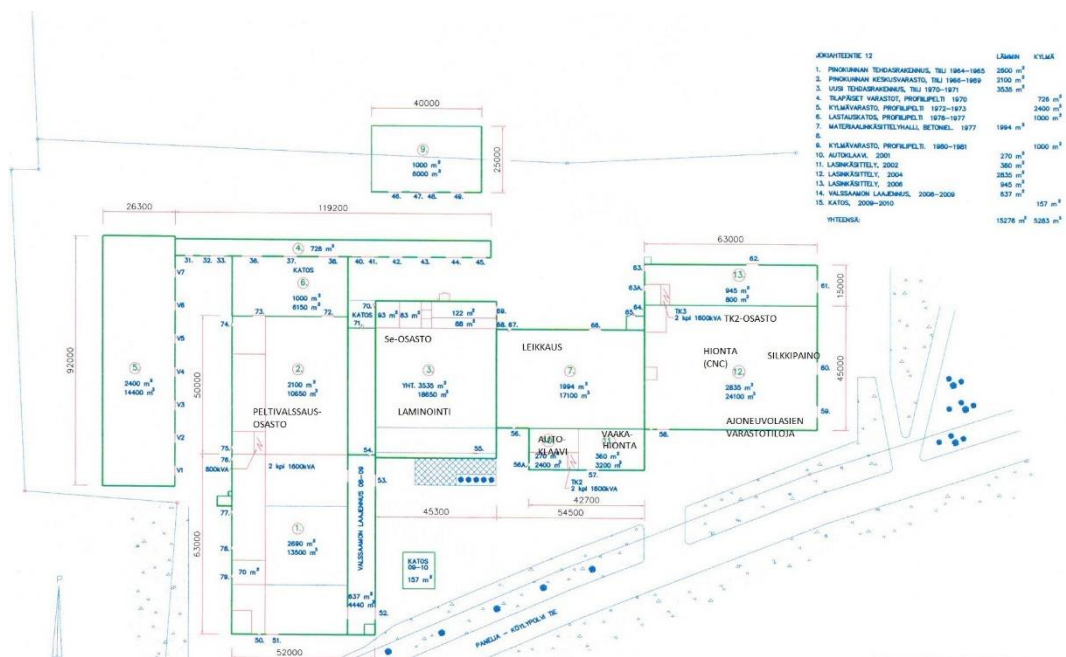
Toisessa alaluvussa kuvataan tarkemmin niin tuulilasien kuin sivulasien tuotantoprosessit ja havainnollistetaan, minkä tyyppinen on yrityksen tuotantorakenne.

5.2.1. Tuotannon nykyinen layout

Kuten teorialuvussa 3 kävi jo ilmi, yrityksillä on mahdollisuus rakentaa tuotantonsa monien erilaisten layouttyyppien mukaan. Jaakko-Tuotteessa on historian saatossa konekannan ja tuotevalikoiman kasvaessa päädytty jo aiemmin sivutun funktionaalisen layoutin käyttöön. Siinä koneet on jaettu omille osastoilleen, joita ovat laminointi, hio-mo, leikkaus, suorakarkaisu, TK-osasto, LA-osasto, Se-osasto, tuulilasit, silkkipaino, lähettämö, konepuoli ja peltipuoella valssaamo kuvien 7 ja 8 mukaan. Tarkemmat vastaavat kuvat löytyvät liitteestä 2.



Kuva 7. Jokiahteentie 15 -layoutpiirros (Koivunen 2010)



Kuva 8. Jokiahteentie 12 -layoutpiirros (Koivunen 2010)

Yrityksen tuotantotilat sijaitsevat kuvien mukaan kahden puolen tietä, jolloin myös kuljetuksille osastojen välillä on tarvetta. Tämän tarpeen vähentämiseksi yrityksellä on molemmilla puolilla osittain samanlaisia työstökoneita, jolloin lasien koko tuotantoketjun läpikäyminen on mahdollista. Tällaisia koneita, joihin yritys on investoinut, ovat leikkauslaitteistot, taivutuskarkaisukoneet, silkkipainot, hiomakoneet ja laminointilaitteistot. Lisäksi Jokiahteentie 12:n puolelta löytyy suorien eristyslasien osasto, ja tätä osastoa kutsutaankin yleisnimellä Se-osastoksi. Samoin tältä puolelta löytyy yrityksen toisen

päätuotteen eli kattopeltituotteiden valssaamo. Tämän työn kannalta nämä osastot ovat kuitenkin epäoleellisia, koska tarkastelussa olevien TK-osastojen ja LA-osastojen tuotanto tapahtuu pääosiltaan Jokiahtentie 15:ssä alueilla A3 ja A7, joiden lisäksi myös toinen TK-lasien osasto löytyy 12:sta alueilta 12 ja 13.

5.2.2. Nykyinen linja-auton sivulasien tuotantoprosessi

Seuraavaksi työssä esitellään sivulasien tuotantoprosessi sellaisena, kuin se toimii tällä hetkellä. Prosessikuvaus on saatu toteutettua havainnoimalla tuotantoa ja toisaalta kyselytutkimuksesta saatujen vastausten pohjalta. Nämä tulokset on esitelty tarkemmin liitteessä 3, jossa prosesseista on sekä TK- että LA-tuotantoprosessien osalta esitettyinä vuokaaviomuotoiset prosessikuvaukset.

Sivulasien osalta tuotantoprosessi lähtee joko asiakkaan tilauksesta tai yrityksen sisäisestä varastointitarpeesta. Nykyisin tilaukset tulevat asiakkailta pääosin sähköisesti myyjän sähköpostiin tai yrityksen faksiin, minkä perusteella myyjä vahvistaa asiakkaalle tilauksen hinnan ja ilmoittaa aina kulloisenkin toimitusajan. Tämän jälkeen myyjä tai erillinen tilausten käsittelijä syöttää tilauksen tietojärjestelmään, joka yrityksellä tällä hetkellä on Sonet-niminen ohjelmisto. Yrityksessä on joiltain osin siirrytty uuden Lemonsoft-ohjelmiston käyttöön, mutta myynnin osalta käyttöönotto ei vielä ole tätä työtä kirjoitettaessa valmis. Näitä tilausten käsittelyn ja alkuvaiheen tuotannonsuunnittelun töitä tekee yrityksessä tilanteesta riippuen 1-5 henkilöä.

Tietojärjestelmään syötetyn tiedon perusteella tuotantoon tulostetaan työmääräin. Siinä pitää ilmetä ainakin seuraavat tiedot: lähetysluettelon numero, tilauspäivämäärä, tilaajan tiedot, lähetysosoite, asiakkaan tilausnumero, tilausmerkki, toimitusaika, lähetystapa, tuotetiedot mahdollisimman täydellisinä ja tarvittavan E-leiman numero. Lisäksi työmääräinten yhteyteen haetaan tarvittavat dokumentit sisäisistä tietokannoista, kuten erilaiset piirustukset tuotteen spesifikaatioista, joista tuotanto pystyy määrittämään, miten ohjelmoida koneet oikealla tavalla. Työnjohtaja tarkistaa tässä yhteydessä, mikä on tilanne tuotannossa, missä vaiheessa lasien tuotannon pitää alkaa ja kummalla puolella tehdasta lasit valmistetaan. Lasien tiedot syötetään myös erilliseen tuotantotaulukkoon, joka on käytännössä excel-pohjainen tietokanta, jossa seurataan karkealla tasolla lasien etenemistä tuotannossa.

Myynnistä työmääräin siirtyy optimointiin, jossa yksittäiset lasikappaleet parhaalla tavalla sovitetaan halutulle lasilevyille. Lasit optimoidaan lasivärin, lasipaksuuden ja levykoon perusteella leikkaustiedostoksi. Tähän käytetään omaa ohjelmistoaan ja yrityksellä työtä tekee normaalisti yksi ihminen. Optimoinnin jälkeen lasi etenee leikkaukseen. Leikkausta varten kuvan 9. mukainen hakulaite hakee lasilevyn leikkauspöydälle ennen virallisen leikkauksen aloittamista. Odotusaikaa syntyy vain ensimmäisen lasin kohdalla, koska useasti uusi lasilevy noudetaan varastosta odottamaan jo siinä vaiheessa, kun edellistä lasia leikataan.

Leikkauksessa optimoinnista saatu leikkaustiedosto syötetään kuvan mukaisen leikkauspöydän tietokoneelle, joka suorittaa lasilevyn leikkauksen halutulla tavalla. Leikatut lasit merkitään leikkauspöytäkirjaan, jonka tilastointia optimoija ylläpitää. Tämän jälkeen lasit irrotetaan katkaisupöydällä ja pinotaan yksi kerrallaan kuljetustelineelle odottamaan seuraavaa työvaihetta. Taivutettujen, karkaistujen lasien osalta lasit jaetaan leikkauksessa ulko- ja sisälaseihin. Molemmat lasit voidaan leikata samalla puolella tehdasaluetta, mutta monesti niitä leikataan tien molemmin puolin, koska materiaalivarastojen tilanpuutteen vuoksi joitain raaka-aineita voidaan varastoida vain yhdessä paikassa. Näin osa käsiteltävistä laseista on vielä kuljetettava leikkauksen jälkeen tien toiselle puolelle tuotannon jatkamiseksi.



Kuva 9. *Jumbolevyjen säilytystä varastopaikoillaan ja lasien leikkuslaitteisto.*

Leikkauksesta sekä sisä- että ulkolasi siirretään tilanteen mukaan joko nauhaukseen tai hiontaan vaaka- tai CNC-hiomakoneelle. Hionnasta ulkolasi, sisälasi tai molemmat menevät silkkipainoon. Silkkipainossa lasiin painetaan silkkipainomaalilla haluttu kuvio. Silkkipainomaali poltetaan lasiin lopullisesti kiinni karkaisussa ja myös maalaamattomat lasit karkaistaan tässä yhteydessä. Lasit karkaistaan asiakaskohtaisten spesifikaatioiden perusteella joko suorakarkaisevassa tai taivuttavassa karkaisevassa koneessa. Lasien valmistumista seurataan omilla raporteillaan silkkipainosta ja karkaisusta. Jaakko-Tuotteessa kaikki karkaisukoneet ovat kuvan 10 mukaisia yhdysvaltalaisen Glasstechin valmistamia.

Suorakarkaisussa lasi kuumennetaan keraamisten rullien päällä ja sähkövastuksien avulla 630 asteen lämpötilaan, jonka jälkeen se jäähdytetään nopeasti ilmalla, lasin molemmin puolin symmetrisesti. Tällöin lasiin muodostuu esijännitystilanne, jolloin pinnoilla on puristus- ja keskellä vetojännitys. Karkaistun lasin lujuus voi olla jopa viisinkertainen tavalliseen lasiin verrattuna. Taivutuskarkaisu toimii muutoin samojen periaatteiden mukaan, mutta siinä kuumennuksen yhteydessä lasi taivutetaan halutulle säteelle taivuttimien avulla. Tämän jälkeen lasi jäähdytetään puhallusilmalla nopeasti, jotta lasille saadaan aikaan haluttu karkaisuilmio ja sitä kautta saavutettu lujuuden voimakas kasvu.



Kuva 10. Yhdysvaltalaisen Glasstechin taivutuskarkaisukone.

Karkaistut sisä- ja ulkolasit menevät lopulta kasaukseen, jossa lasien välille asennetaan alumiininen välilista. Välilista taivutetaan käyttötarkoitukseen soveltuvalla koneella, jonka jälkeen se täytetään kuivikehiekalla ja päällystetään butyylillä eristävyyden ja kiinnitettävyyden varmistamiseksi. Tämän jälkeen eristyslaselementti kootaan lasista ja välilistasta, päällystetään kitillä ja ajetaan mankelista läpi ennen kuivaamoon vientiä. Tämän jälkeen lasielementit ovat sisäisen laadunvarmistuksen jälkeen valmiita asiakkaalle.

Lasit pakataan puulaatikoihin, jotka yrityksen pakkaamo valmistaa puutavarasta itse. Lasit pakataan tarvittaessa sarjoittain, jolloin tietyn tyyppiset lasit pakataan aina samassa järjestyksessä ja samat määrät yhteen laatikkoon. Jokiahteentie 12:n puolella jalostetut ja pakatut lasit kuljetetaan tässä vaiheessa Jokiahteentie 15:n puolelle, sillä yrityksen pääasiallinen lähettämö on tällä puolella tehdasta. Kun myynti saa tiedon valmistuneista lasista, tehdään niistä lähetyspaperit ja tilataan kuljetus kuljetusliikkeeltä. Viikossa on pari suurempaa toimituspäivää, jolloin auto lastataan mahdollisimman täyteen. Näin saadaan kuljetettua useampien asiakkaiden viikossa valmistunut tilauskanta kerralla. Joillekin suurimmille asiakkaille lähtee tällä tavoin lasia viikoittain.

Lähetysten jälkeen koko tuotantoketjun kiertäneet työmääräimet palaavat takaisin konttoriin, jossa kotimaan ja viennin laskuttajat tekevät lähteneen tavaran perusteella laskun asiakkaalle. Listat hyväksytään lähteneeksi tietojärjestelmästä, siirretään laskutukseen ja asiakkaalle lähetetään joko sähköinen tai paperilasku.

Tämä prosessi toimii poikkeustilanteita lukuun ottamatta aina samalla tavoin samojen työvaiheiden kautta. Jos jossain tuotannon vaiheessa tai asiakkaan taholta havaitaan virheellinen tuote, tehdään leikkaamoon jälkitoimitus, jolloin puuttuvat lasit lähtevät liikkeelle tuotantoon jälkitoimituslistan mukana. Jos asiakas on tehnyt tämän havainnon, tehdään asiakkaalle useasti veloitus uusi lasi tai hyvitetään reklamoidut osat.

5.2.3. Nykyinen linja-auton tuulilasien tuotantoprosessi

Tässä luvussa kuvataan työn toisen keskeisen tuotantoprosessin eli linja-auton tuulilasien tuotanto. Tilausten vastaanotto ja käsittely etenevät samojen periaatteiden mukaan kuin on jo kuvattu linja-autojen sivulasien tuotannon osalta. Optimoinnin osalta monien vakiolasien tiedot on jo ohjelmoitu leikkuukoneeseen ja tämän lisäksi käytössä on joitakin kovalevymalleja. Varsinaisen tuulilasien tuotantoprosessin alussa raakalasi leikataan muotoon leikkauspöydällä. Laseja leikataan yhtä tuulilasia kohti kaksi kappaletta, lyhyt ja pitkä lasi. Lyhyt lasi tarkoittaa sisälasia ja pitkä lasi ulkolasia. Leikkaaja tarkistaa silmämääräisesti, ettei raakalasissa ole valmistusvirheitä kuten ”silmiä”.

Leikkauksesta sisälasi viedään pystypesukoneeseen pestäväksi, josta se jatkaa matkaansa silkipainoon. Silkipainossa sisälasiin painetaan valmistajan tilaama kuvio maalilla. Kun sisälasi on maalattu, se viedään kuivaamoon odottamaan. Käytetty silkki pestään ensin käsin ja laitetaan vielä tämän jälkeen silkinpesukoneeseen. Ulkolasi pestään toisessa pesukoneessa, jonka jatkeena on pulverointikone. Pulveroinnissa ulkolasin sisäpintaan puhalletaan piimaapölyä, joka pitää lasit jatkossa erillään, vaikka lasit laitetaan kin pukilla päällekkäin taivutusta varten.

Tämän jälkeen lasit nostetaan nostolaitteella taivutusuunissa olevan muotin päälle. Tuotantokäytössä oleva taivutusuuni on kuvattuna kuvassa 11. Taivutusuunin lämpötila on noin 620 astetta ja taivutus kestää yleensä 45-60 minuuttia. Taivutus tapahtuu nykyisellä tuotantomallilla puhtaasti lämmön ja painovoiman ansiosta. Kun lasit ovat taipuneet tarvittavaan muotoon, niitä jäähdytetään noin tunnin ajan. Taivutuksen jälkeen lasit mitataan sekä muodot ja maalaukset tarkistetaan. Lasit kirjataan valmistetuiksi, erotetaan toisistaan ja piimaa imuroidaan pois.



Kuva 11. Linja-auton tuulilaseille itse suunniteltu taivutusuuni.

Taivutuksen jälkeen lasit menevät laminointiin. Laminoitu lasi valmistetaan tuulilasien tapauksessa kahdesta lasista, jotka liitetään yhteen lujan ja sitkeän PVB-muovikalvon avulla. Lasit laminoidaan yleisesti 5-10 lasin ryhmissä. 0,76 mm paksu kalvo laitetaan

väliin ja lasit yhdistetään. Ylimääräinen kalvo veistetään pois. Linja-auton tuulilasista voidaan tehdä myös lämmitettävä, mutta lämmitettävien lasien osuus on verrattain pieni. Lämmitettäviä laseja varten laseille täytyy valmistaa muusta työnkierrosta poiketen oma laminointikalvonsa. Kalvon valmistuksessa tarvittava kalvo otetaan ensin rullalta ja piirretään. Tämän jälkeen kalvoon asennetaan tinanauhat, asetetaan kalvo rumpuun ja langoitetaan volframlangalla. Langoitettuun lämmityskalvoon tehdään lohkojako, tinataan nauhalla uudelleen ja ylimääräinen nauha leikataan pois ennen kalvon vientiä laminointiin.

Laminoinnin jälkeen lasihin kiinnitetään imuletku, joka peittää lasien reunat. Letku kiinnitetään imu-uunin vastikkeisiin ja lasien välissä oleva ilma imetään alipaineen avulla pois. Imu-uunin lämpötila on 105 astetta ja toimenpide kestää noin kaksi tuntia. Tämän jälkeen letkut otetaan pois lasin reunasta ja tilalle laitetaan teräsnipsut 20 sentin välein. Kun ilma on poistettu lasien välistä, ne viedään kuvan 12. mukaiseen autoklaaviin. Autoklaavissa lämpötila on 130-145 astetta ja paine noin 8 baria. Laseja pidetään autoklaavissa 10-15 tuntia.



Kuva 12. Autoklaavi, joissa lasien pysyvä laminoituminen tapahtuu.

Kylmät lasit ovat tämän jälkeen valmiita, mutta lämmitettävät lasit viedään klaavauksen jälkeen vielä lämmitysosastolle, joissa lasihin lisätään johdotus ja ne testataan oikeiksi vastusten osalta. Sitten valmiit lasit mitataan ja tarkistetaan. Lisäksi tehdään mittapöytäkirja ja jokaiselle lasille annetaan juokseva numero. Tähän päättyy varsinainen tuotantoprosessi.

Valmistuneet lasit pakataan ja yhteen laatikkoon menee yleensä viisi lasia kerrallaan. Linja-auton tuulilasi voidaan asentaa myös suoraan autoon tehtaassa asennuspisteellä. Tähän vaihtoon kuluu aikaa lasista riippuen kahdesta tunnista kahdeksaan tuntiin.

Pakkauksen jälkeen kuljetus ja laskutus etenevät samojen periaatteiden mukaan kuin sivulasienkin osalta. Kuljetusliikkeeltä tilataan kuljetus, jonka jälkeen toimitetut lasit kirjataan Sonetiin lähteneiksi ja tehdään lasku asiakkaalle.

Oman lisänsä molempiin prosesseihin niin TK- kuin LA-osastoilla tuovat täysin uudet tuotevariaatiot. Monesti tällaiset vaativat joko uuden taivutusmuotin suunnittelua tai uuden silkkipainotyökalun tilausta tai molempia. Tämän jälkeen lasit koetaivutetaan ja -painetaan, minkä perusteella voidaan uutta tuotantoa aloittaa, kun todetaan itse ja asiakkaan toimesta lasien vastaavuus haluttuihin spesifikaatioihin.

5.2.4. Kyselytutkimuksen keskeiset tulokset

Kuten metodologisessa tarkastelussa on kuvattu, ajoneuvolasien parissa työskenteleville henkilöille toteutettiin työn yhteydessä kysely prosessin nykytilan kartoittamiseksi. Vastauksia saatiin hyvin, kun 70 prosenttia lomakkeen saaneista myös palautti vastatun lomakkeen diplomityön tekijälle. Vastaajina kyselyssä toimivat työntekijät lähes kaikista tuotannon funktioista. Näitä olivat työhön osallistuva työnjohto, myynti, tilausten käsittelijät, lasien taivuttajat, kasaajat, pakkaajat, silkkipainajat sekä hiojat. Jokaisessa tuotantoprosessissa on useampia tekijöitä, mutta vastaamisen järkevöittämiseksi ja nopean aikataulun takia päädyttiin siihen, että jokaisesta tuotantofunktiosta vain yksi tekijä tai tekijät ryhmänä vastasivat kyselyyn. Nykyprosessista tuli siten kattava kuva diplomityön tekijälle. Oli myös mielenkiintoista havaita, miten hyviä ideoita työntekijöillä oli yrityksen tuotantoprosessin ja tiedonkulun kehittämiseksi.

Prosessin nykytilan osalta keskeinen viesti tuotannosta oli, että kaikilla tekijöillä oli melko selkeä kuva omasta työstään. Työtehtävät toistuivat päivästä toiseen samankaltaisina, jolloin ihmisille oli muodostunut tietynlainen rutiini työn tekemiseen ja töiden priorisointiin. Kun suurin piirtein tiedettiin, mitä kuhunkin työvaiheeseen kuluu aikaa, oli myös töiden suunnittelu helpompaa. Samoin asiakasvaatimusten osalta vastaajat olivat yksimielisiä siitä, että tuotteiden hyvä laatu on kaikkein tärkeintä. Myös toimitusvarmuus ja hintakilpailukyky nousivat vastauksissa esiin.

Kehityskohteiden osalta kyselyn selkein viesti tuli työnjohdon taholta, että yrityksen on jatkossa panostettava ennen kaikkea tiedonkulun kehittämiseen koko organisaation mitattaavassa. Tällä hetkellä tieto ei kulje halutulla tavalla. Näin eri tuotantofunktioilla ei välttämättä ole tarvittavaa tietoa esimerkiksi toimitusaikoihin vaikuttavista kone-seisokeista, loma-ajoista tai suurista yksittäisistä tilauksista. Tuotantoon toivottaisiin myös säännöllisiä palavereja, joissa käytäisiin läpi senhetkistä tuotantotilannetta ja sovitaisiin tulevista pelisäännöistä. Jokaiselle henkilölle tulisi määrittää vielä selkeämmin oma työnkuva, jolloin joka osa-alueelle olisi omat vastuuhenkilönsä. Tämä helpottaisi vastuiden jakamista ja selkeyttäisi hankalaa tuotannonohjausta.

Kyselyiden perusteella myös tuotannon nykyinen layout koettiin ongelmalliseksi. Työnjohdolta saattaa kulua jopa 70-80 prosenttia työpäivästä pelkästään tilausten etsimiseen

ja lasin kuljettamiseen tehtaalla paikasta toiseen. Tuotantoon tarvittaisiin siis suunnitelma siitä, miten rakenteita uudistettaisiin kuljetustarpeen vähentämiseksi sekä työpisteitä saataisiin toimivammaksi. Monessa paikassa on ahdasta. Tämä vaikeuttaa ja hidastaa töiden etenemistä. Seurantajärjestelmä lasien työvaiheiden etenemisen seurantaan ja viikottaiset tuotantosuunnitelmat olisi myös saatava tulevaisuudessa osaksi tuotantoa.

5.3. Prosessien arvovirtakuvaukset ja läpimenoaika-analyysit

Kolmannessa alaluvussa rakennetaan kerättyyn työajan mittausdataan perustuen erilaisia arvovirta-analyyskejä ja tutkitaan niiden tarjoamaa mittausdataa tarkemmin. Prosessien kannalta oleellista on, että vaikka tietyillä lasilla on omat tarkat tuotannolliset sarjansa ja jalostustarpeensa, toistuvat samat prosessivaiheet lähes kaikilla tuotteilla samalla tavalla samassa järjestyksessä. Näin yksittäisten sarjojen perusteella saatua mitattua tietoa voidaan käyttää koko tuotantoprosessia koskevien päätelmien tekemiseen.

5.3.1. TK-osaston sivulasien tuotannon arvovirta

TK-osaston tuotantoprosessin työnajanseurannan perusteella saatiin tuotannosta mitattua aikadataa tuotannon nykytilasta. Prosessista seurattiin kolmen erilaisen lasityypin tuotantosarjojen kulkua tuotannon läpi aina tilauksen saapumisesta lähettämiseen asiakkaalle. Näin tarkastelun alla olivat kaikki ne yrityksen sisäiset prosessi- ja jalostusvaiheet lasille, jotka työn alkuvaiheessa ennen mittauksen aloittamista tunnistettiin. Ohessa kuvassa 13. on esitetty tällä tavoin saavutettu yksittäinen TK-osaston arvovirta-analyysi. Loput tällaiset analyysit on esitelty tarkemmin työn liitteessä 4.

Työssä seuratut lasityypit olivat tuotannolliselta ja liiketaloudelliselta kannalta yritykselle merkittäviä. Samoin ne olivat prosessin nykytilan havainnointiin hyviä siksi, että niiden avulla voitiin kattaa iso osa lasituotannon erilaisista jalostusvaiheista aina leikkauksesta silkipainoon ja karkaisuun ja lopulta lasien eristyslaseiksi kasaukseen asti. Kolme erilaista lasityyppiä, joita TK-osastolla seurattiin, olivat seuraavat:

Prosessi 1: 2K R6000 3,5Vgy10(h)-9b-4(h)

Kuvan 13. mukaisessa prosessissa seurattiin 11 kappaleen asiakkaan tietynkokoisen lasisarjan valmistumista. Ulkolasina käytetään 3,5 millimetrin venus 10 harmaata ja sisälasina 4 millimetrin kirkasta lasia. Kyseessä on kaksikerroseristyslasi, jossa molemmat lasit on taivutettu ja karkaistu. Lasit on liitetty yhteen 9 millimetrin mustalla alumiinivälillä.

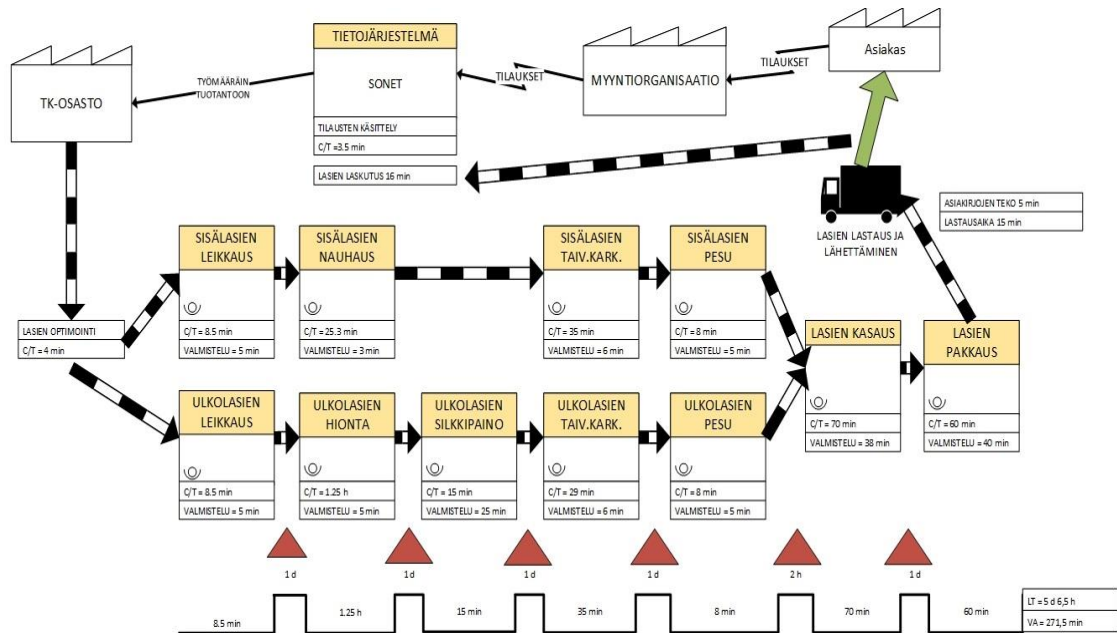
Prosessi 2: 2K R8000 4Vgy40(h)-9b-5gy(h)

Toinen tuotantoprosessi 44 lasin sarjalle on esitetty tarkemmin liitteessä 4. Ulkolasina tässä kombinaatiossa on taivutettu karkaistu 4 millimetrin venus 40 harmaa ja sisälasina

taivutettu karkaistu 5 millimetrin harmaa lasi. Lasit on yhdistetty eristyslasiksi 9 millimetrin mustalla alumiinilistalla.

Prosessi 3: 2K 4gy(h)-12b-4(h)

Viimeisessä seuratussa 13 lasin sarjan TK-prosessissa ulkolasina on suorakarkaistu 4 millimetrin harmaa lasi ja sisälasina 4 millimetrin suorakarkaistu kirkas lasi. Välilistana eristyslasiksi kasauksessa käytetään 12 millimetrin mustaa alumiinilistaa.



Kuva 13. TK-osaston yhden tuotantoketjun arvovirta-analyysi.

Sekä tässä osassa kuvassa 13. kuvatussa arvovirrasta että liitteen 4. kuvauksista voidaan nähdä monia tuotantomittareihin liittyviä seikkoja. Näistä oleellisia ovat työn jatkoon kannalta jo teoriaosassa esitellyt läpimenoajat ja arvoa tuottavat ajat. Ne on tarkemmin esitelty taulukossa 2 ja lopuksi on laskettu suhdeluku arvoa tuottavan ajan ja kokonaisläpimenoajan väliltä. Näin saatu prosenttiluku kertoo sen, kuinka suuri osuus arvoa tuottavalla ajalla on kokonaisajassa, jonka tuote kuluttaa prosessissa. Yksittäisten prosessien jaksonajat vaihtelevat prosessista toiseen ja ne voidaan parhaiten nähdä yksittäisistä arvovirtakaavioista.

Taulukosta 2. voidaan nähdä sekä tuotannon kokonaisläpimenoajan että arvoa tuottavien aikojen suuri vaihtelu erilaisten lasikokoonpanojen ja -sarjojen välillä. Osittain tämä selittyy lasien eroilla, sarjojen koolla ja eri työstövaiheiden omilla spesifikaatioilla, mutta nämä syyt eivät yksin selitä eroja prosessointiajoissa. Yksi keskeinen syy vaihteluun on arvovirtakuvauksissakin havaittava odottelu eri työvaiheiden välillä ja yleisemmin leanin kannalta oleelliset hukkan lajit. Näitä tullaan tarkemmin käsittelemään tulosten analyysin osalta työn seuraavassa luvussa.

Myös tuotannon pullonkaulojen eli prosessin hitaimpien työstövaiheiden osalta esiintyy jonkin verran vaihtelua prosessista toiseen. Ensimmäisessä prosessissa pullonkaulana toimii ulkolasien hionta, toisessa pullonkaula on lasien kasausta ja kolmannessa prosessissa tuotantovauhdin kannalta hitain työstövaihe on jälleen ulkolasien hionta.

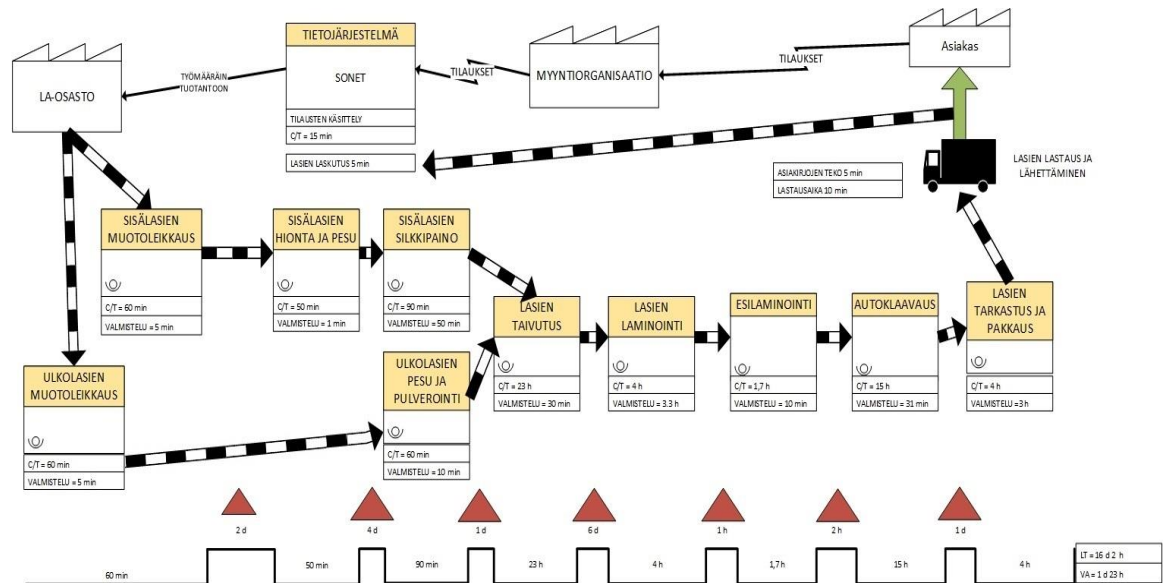
Taulukko 2. TK-prosessin arvovirtojen tunnuslukuja.

	Prosessi 1.	Prosessi 2.	Prosessi 3.
Läpimenoaika LT	5 d 6,5 h	5 d 20,6 h	21 d 9,9 h
Arvoa tuottava aika VT	4,5 h	20,6 h	9,9 h
VA/LT %	3,56 %	14,65 %	1,93 %

5.3.2. LA-osaston tuulilasien tuotannon arvovirta

LA-osaston tuotantoprosessista seurattiin kahden keskeisimmän tuotantoprosessin eli kylmien ja lämpimien linja-auton tuulilasien tuotantoprosesseja. Ohessa kuvasta 14. löytyy esimerkkinä yhden kylmän tuulilasin eli JT-numeron 210 VDL Citea SLE/XLE - lasin tuotantoprosessin arvovirtakuvaus. Liitteestä 4 on tämän lisäksi nähtävissä lämmitettävän JT-numero 219 eli Linkkerin lämmitettävän lasin vastaava tuotantoketju. Näistä voidaan määrittää, kuten edellä TK-prosessin osalta, prosessin läpimenoajat, arvoa tuottavat ajat ja tämän ajan osuus prosessin kokonaisläpimenoajasta. Nämä on tarkemmin kuvattu taulukossa 3.

Analyyseistä ja taulukosta voidaan nähdä, että läpimenoajan kannalta hitain työstövaihe molemmissa prosesseissa on lasien taivutus ja siihen läheisesti liittyvät prosessivaiheet eli muotin asettaminen, lämmitys ja jäähdytys taivutuksen jälkeen. Näin tämän prosessin nopeuttamiseen tai järkevään yhdistämiseen muihin tuotantoketjuihin olisi syytä yrityksessä panostaa. Toisaalta lämmityslasien osalta myös lämmityskalvojen tekeminen osoittautui lähes yhtä hitaaksi tuotantoketjun vaiheeksi kuin taivutus. Tämä johtuu ennen kaikkea prosessin erittäin mekaanisesta luonteesta, koska tällä hetkellä kalvojen valmistaminen on langoitusta lukuun ottamatta ihmisten tekemää käsityötä.



Kuva 14. Kylmän LA-tuulilasien tuotantoprosessin arvovirta.

Yleisesti ottaen prosessin läpimenoaika ja myös arvoa tuottava aika olivat pidempiä kuin TK-osaston sivulasien prosesseissa, mikä selittyy sekä pidemmällä yksittäisillä työstöajoilla että väliaikoina tapahtuvalla pidemmällä odotusajalla. Arvoa tuottavan ajan osuus oli pidemmästä läpimenoajasta huolimatta keskimäärin 10 % suurempi LA- kuin TK-prosessissa. Prosessissa oli myös havaittavissa vähemmän työvaiheiden välistä vaihtelua työstöaikojen kestoissa, koska sekä jalostustarpeet että myös yksittäiset sarjat olivat enemmän samankaltaisia kuin TK-osaston prosesseissa, joissa vaihtelu saattoi olla suurtakin. Tuotanto on myös hieman poikkeava yrityksen muihin funktioihin verrattuna. Ensinnäkin tuotanto tapahtuu lopulta melko pienellä alueella ja toiseksi tuotannon työmääräimen kierto koko tuotantoketjun läpi, kuten muussa lasituotannossa, ei välttämättä toteudu vastaavana LA-osaston tuotantoprosessissa.

Taulukko 3. LA-prosessin arvovirtojen tunnuslukuja.

	Prosessi 4.	Prosessi 5.
Läpimenoaika LT	16 d 2 h	13 d 1 h
Arvoa tuottava aika VT	1 d 23 h	2 d 23 h
VA/LT %	12,18 %	22,68 %

6. Tulosten tarkastelu

Tässä luvussa työssä saavutettuihin tuloksiin ja teoriaosiossa esiteltyihin toimintamalleihin perustuen yrityksen tuotantoketjusta pyritään löytämään asioita, joita voisi lähteä yrityksessä kehittämään tuotannon kehitysprojekteissa. Esitetyistä ratkaisuksista pyritään myös antamaan ohjaavia näkemyksiä siitä, miksi ja kuinka suuressa määrin nämä muutokset vaikuttaisivat tuotannon nykytilaan positiivisesti.

6.1. Tuotannon nykyiset haasteet

Tuotannon haasteita lähdetään selvittämään tuloksien pohjalta leanin hukkien kautta. Näitä hukkia tuotannosta voidaan yleisellä tasolla tunnistaa teoriaosion mukaisesti 7-12 erilaista. Jaakko-Tuotteessa monet näistä hukista ovat nykyisessä tuotannossa enemmän tai vähemmän läsnä. Diplomityön ja lasituotannon kannalta oleellisimmiksi hukan lajeiksi voidaan määrittää virheet, uusintatyö, kuljettaminen, odottelu, varastot, tarpeeton liikkuminen ja tuotantoon osittain soveltumaton layout.

Erilaisista yrityksen tilastoinneista voidaan nähdä virheiden syntymisen taajuuksia ja syitä. Virheitä voi olla Hines & Richin (1997, s.54) mukaan kolmenlaisia, joista Jaakko-Tuotteessa oleellisia ovat tuotevirheet ja sisäiset virheet. Tuotannosta pääsee jonkun verran virheellisiä tuotteita aina asiakkaille asti, mikä taas aiheuttaa useasti toistuessaan uusien hukan lajien syntymisen. Uudelleenprosessoinnin keskeinen syy onkin Jaakko-Tuotteessa tällaiset asiakkaalta tulevat tai sisäisesti tuotannossa havaittavat virheet. Reklamaatioiden käsittely ja niihin liittyvä dokumentointi, tilastointi ja tuotannon uudelleenjärjestely vievät myös ihmisten arvokasta päivittäistä työaikaa.

Sisäisten virheiden osalta yrityksen omat työntekijät havaitsevat virheen lasissa jo tuotannon aikana. Ongelmaksi tässä voi muodostua se, että lasi kiertää koko tuotantoketjun läpi, ennen kuin virhe havaitaan lasien lähettämisen yhteydessä. Tällaisten tilausten kannattavuuden kannalta uudelleenprosessointitarve johtaa monesti siihen, että yrityksen korkeiden valmistuskustannusten takia toiseen kertaan tekeminen syö katteen lasien myynnistä. Suurimmat syyt tuotannossa havaittaviin niin tuote- kuin sisäisiin virheisiin ovat lasien naarmuuntuminen, laminointivirheet, hionnassa tapahtuneet virheet ja silkipainovirheet.

Jaakko-Tuotteella on siitä ongelmallinen tilanne kuljetuksen kannalta, että vaikka yrityksellä on vain yksi tuotantolaitos Paneliassa, on lasien jalostus jakautunut osastoittain vilkkaasti liikennöidyn tien kahdelle puolelle. Näin tuotannon toimivuuden takia laseja joudutaan kuljettamaan osastojen välillä melko usein. Esimerkkinä voidaan mainita sel-

laiset suorat lasit, jotka vaativat karkaisua, koska suorien karkaistavien lasien jalostuskoneet sijaitsevat ainoastaan Jokiahteentie 15:n puolella. Yrityksellä on tällaisia kuljetuksia varten oma kuorma-auto ja lasit sidotaan kuljetusten ajaksi hyvin rikkoutumisten välttämiseksi. Kuljetus aiheuttaa siitä huolimatta riskin sisäisten virheiden syntymisestä sekä kuljetusten että erilaisten nostamisten ja laskemisten yhteydessä. Kuljetukset vievät myös yksittäisten työntekijöiden päivittäisestä työajasta ison siivun.

Toiset kuljetustarpeet liittyvät tuotannon yleiseen layoutiin samallakin puolen tietä. Koska lasin jalostusketjun kannalta tarpeelliset ja toisiaan seuraavat työvaiheet saattavat sijaita tehtaan eri puolilla, joudutaan lasipukkeja kuljettamaan pitkiä matkoja ahtailla käytävillä jalostusvaiheiden välillä. Kulku ei välttämättä ole myöskään suoraviivaista, vaan tehtaan sisälle syntyy sekä edestakaista että poikittaisliikennettä.

Tuotannon odottelu ja arvovirtakaavioista havaittava varastointi syntyvät pitkälle tuotannon nykyisestä toteutustavasta. Laseja valmistetaan sarja-erätuotantona. Monilla jalostuskoneilla ei kuitenkaan kyetä prosessoimaan kuin yhtä lasia kerrallaan, jolloin muut sarjassa olevat lasit odottavat vielä pukilla omaa jalostusvuoroaan. Arvovirtakaavioista havaittavat yksittäiset prosessointiajat koskevat yhtä isoa lasisarjaa, joten näissäkin ajoissa on sisäisesti mukana myös odotusaikoja. Tämä aiheuttaa tiettyä vääristymää arvoa tuottavaan aikaan, koska yksittäiset työvaiheesta valmistuneet lasit jäävät aina odottamaan koko sarjan valmistumista, ennen kuin tuotantoa voidaan siirtää eteenpäin. Samoin jalostusta vielä odottavat lasit eivät tuota yritykselle arvoa, kun ne odottavat edellisten lasien valmistumista työstökoneella.

Ihmisten tarpeeton liikkuminen voidaan yhdistää luvussa aiemmin kuvattuihin kuljetustarpeisiin. Työntekijät kuljettavat lasit pumppukärryillä paikasta toiseen ja lasien siirteilyyn varastoista tuotantoon sisältyy sekä lasien nostamisia että laskemisia. Samaan aikaan tehtaassa on pulaa vapaista lasipukeista, ja työaika kuluu päivittäin tyhjien pukien etsimiseen. Lasipukkien riittämättömyys johtuu muun muassa arvovirtakuvauksista nähtävistä pitkistä odotusajoista jalostusvaiheiden välissä. Keskenäistä tuotantoa on paljon, jolloin tuotannon käytössä olevia pukkeja ei saada vapautettua leikkaamon tarpeisiin. Toisaalta pukkeja ei voida enää lisätä, sillä se aiheuttaisi vain lisää ongelmia.

Toimihenkilöillä liikkuminen liittyy siihen, että tuotannonohjauksen nykyisen puutteen takia lasien tuotantoketjun kulkua joudutaan selvittämään tuotannon puolelta. Tarpeeton liikkuminen liittyy myös paperityön määrään. Sekä tuotantopuolella että konttorissa liikkuu paljon dataa päivän aikana ja kaikki oleellinen tieto ei välttämättä kulkeudu tiedon vastaanottajalle sellaisena kuin se on alun perin laadittu. Monista dokumenteista joudutaan ottamaan useita paperikopioita, että tarvittava tieto saadaan kaikkien sitä tarvitsevien ihmisten käyttöön.

Jaakko-Tuotteen nykyinen layout ja tuotannon konekanta ovat kehittyneet historian saatossa sellaisiksi kuin ne nyt ovat yrityksen kaiken aikaa laajentaessa konekantaansa ja

tuotevalikoimaansa. Ensiarvoisesti suuret ja tilaa vievät tuotantokoneet on sijoitettu sinne, missä tehtaasta on löytynyt tilaa. Toisaalta toimitiloja on tarvittaessa laajennettu vastaamaan uusiin tuotannon haasteisiin. Tällainen järjestelmä on toiminut pitkään ja yritys on kyennyt kasvamaan nykyiseen kokoluokkaansa. Tehdas sisältää tällä hetkellä melko paljon vanhoja ja vanhanaikaisia koneita, jotka on kuitenkin aikanaan suunniteltu ja valmistettu erittäin laadukkaasti. Tämä on mahdollistanut niiden käytön vuosikymmenien ajan, ja pitkistä käyttöajoista on ollut yritykselle hyötyä vuosien varrella. Useat muut toimialalla kilpailevat yritykset ovat joutuneet uusimaan tuotantokoneitaan useammin, joten Jaakko-Tuote on toiminut tähän asti hyvin kustannustehokkaasti.

Hyvästä ja laadukkaasta konekannasta huolimatta tuotannon nykyinen layout on joiltain osiltaan tullut soveltumattomaksi valmistavan yrityksen tuotannon tarpeisiin. Käytävällä on paikoin erittäin ahdas, kun keskeneräistä tuotantoa joudutaan varastoimaan käytävillä ja koneiden edessä. Lasialan yrityksessä ahtaus ei ole hyväksi, sillä se aiheuttaa vaaratilanteita niin tuotteiden laadun kuin henkilöstön työturvallisuuden kannalta. Ahtaus johtaa itsessään siihen, että tuotannon visuaalisuus kärsii, jolloin jotkin asiakastilaukset saattavat jäädä toimitusajoista jälkeen, kun niitä ei havaita tuotannon joukosta. Toimitusajan lähestyessä tällaiset lasit ajetaan tuotannon läpi nopeutetussa ajassa, jolloin joidenkin toisten tilausten osalta toimitus voi viivästyä. Myös pitkät odotusajat kertovat prosessien sujumattomuudesta, ja samalla pääomaa on turhaan kiinni keskeneräisissä tuotteissa.

Jaakko-Tuote Oy on kehittänyt tuotantotapojaan maltillisesti, ja tuotanto- ja työtavat organisaatiossa ovat hyvin pitkälti säilyneet samankaltaisina jo vuosia. Kääntöpuolena tämänkaltaisella suuntauksella on yleinen toiminnan kehittymättömyys, jolla saattaa olla erilaisia negatiivisia vaikutuksia tuottavuuteen, laatuun ja turvallisuuteen. Yksittäiset työvaiheet toistuvat myös aina samanlaisina, ja ovat toisinaan hyvin kuormittavia. Yksittäiset nostot eivät sinänsä ole yleensä vaarallisia, mutta ihmisen selkä ja nivelet eivät kestä toistuvaa räsytystä montaa vuotta. Työtehtävien mielekkyyden puute saattaa olla myös tulevaisuudessa haaste laadukkaaseen työvoiman houkuttelemiselle, sillä nykyisin moni yritys hoitaa vastaavat työtehtävät automaation avulla.

6.2. Tuotannon visuaalisuuteen panostaminen

Leanin periaatteissa tuotannon visuaalisuus on keskeisessä roolissa ja tärkeä osa 5S-toimintaperiaatteiden kehittämistä yrityksessä. Jaakko-Tuotteessa visuaalisuuteen panostamisella voitaisiin saavuttaa monia tärkeitä kehitysaskeleita, joilla aiemmin kuvattujen tuotannon haasteiden vaikutusta saataisiin vähennettyä ja sitä kautta vaikutettua positiivisesti yrityksen toimintaympäristöön, kustannustehokkuuteen ja laaduntuottoon.

Ensimmäiset, kaikkein nopeimmat ja myös halvimmat kehitysaskeleet olisivat otettavissa tiloja rajaamalla ja merkitsemällä erilaiset tuotannon osa-alueet tarkemmin. Maalamalla tai teippaamalla voitaisiin tuotannosta rajata kulkuväylät, joille ei keskeneräistä

tuotantoa tai tuotannossa tarvittavia työkaluja jätettäisi odottamaan tuotantoa. Näin kulkuväylät pidettäisiin aiempaa puhtaampina, jolloin lasien kuljettaminen paikasta toiseen helpottuisi nykyiselläkin tuotantojärjestelmällä huomattavasti. Samoin koneiden läheisyyteen merkittäisiin selvästi alueet, joissa keskeneräistä lasituotantoa kuuluisi varastoida siten, että se ei häiritse työskentelyä tai aiheuta kuljetuksille esteitä. Myös siivouksen merkitystä osana normaaleja työtehtäviä tulisi korostaa, koska lasi on herkkä erilaisille epäpuhtauksille, jotka tarttuessaan lasin pintaan herkästi aiheuttavat lasien hylkäämistä joko sisäisesti tai loppuasiakkaan toimesta. Käytettävät työkalut tulisi aina palauttaa omille paikoilleen silloin, kun niitä ei käytetä.

Toinen työkalu tuotannon visuaalisuuden kehittämisessä olisi värillisten kanban-korttien käyttöönotto tuotannossa, joiden avulla tuotantoa imettäisiin eteenpäin tuotantoketjussa. Asiakastarpeen ja toimitusajan perusteella lasille annettaisiin tilanteesta riippuen vihreä, keltainen tai punainen kortti. Vihreä kortti symboloisi sitä, että tuotannolla ei vielä olisi kiire, keltainen kertoisi siitä, että tuotantoa pitäisi jo aloitella ja punainen kortti olisi lopullinen signaali, jos lasia ei vielä olisi otettu työn alle ja toimitusaika alkaisi olla jo lähellä. Näin tuotannosta vastaavat ihmiset ja työntekijät näkisivät yhdellä silmäyksellä, mikä on tuotannon nykytila ja voisivat ryhtyä tarvittaviin toimiin, jos keskeneräisissä lasissa on paljon keltaisia ja punaisia kortteja.

Kolmas tuotannon visuaalisuuden kehittämiseen nopeasti vaikuttava tekijä olisi tuotantoon jaettava karkea viikottainen tuotantosuunnitelma. Siinä määritettäisiin ne tilaukset, jotka tuotannon sen hetkisellä kuormituksella on mahdollista ja pitäisi saada tuotannosta ja eri jalostusvaiheista läpi sillä viikolla, jotta tuotantovaiheissa syntyisi mahdollisimman vähän odottelua, lasi kulkisi jouhevammin koko tuotantoketjun läpi ja olisi myös asiakkaalla oikeaan aikaan ilman jälkitoimitustarvetta. Tätä toimintamallia helpottaisi yhden yhtenäisen tuotannonohjausjärjestelmän olemassaolo tuotannossa, mutta ennen sellaisen käyttöönottoa tulisi pyrkiä nykyisestä excel-pohjaisesta tuotantotaulukosta pidemmälle tuotannon manuaalisessakin ohjauksessa.

Tuotantoa helpottamaan ja jatkuvaan parantamiseen pyrittäessä yrityksen johto ja työnohjatijat pitäisi sitouttaa tuotannon jatkuvaan arviointiin ja tarkkailuun, jolloin mahdollisiin ongelmiin ja väärinkäytöksiin voitaisiin puuttua välittömästi niiden syntyhetkellä. Ihmisille olisi määriteltävä selkeä työnkuva, mitä siihen kuuluu ja mistä asioista ihminen vastaa yrityksen toiminnassa ja omassa toimessaan. Rekrytoinneissa ja yleisessä työnohjauksessa tulisi kiinnittää huomio siihen, että oikeat ihmiset sijoitetaan oikeisiin tehtäviin. Tällä tarkoitetaan sitä, että pyritään löytämään sekä ihmisten vahvuudet että heikkoudet, jotta heidät kyetään ohjaamaan niihin työtehtäviin, joihin he parhaiten soveltuvat.

Yritykseen olisi juurrutettava kulttuuri, jossa viikottain tai jonkun muun tarkkaan määritetyn ajan välein osastoittain tai osastojen työnjohdon välillä pidettäisiin lyhyitä palaveriteita, joissa sovittaisiin yhteisistä pelisäännöistä, joiden toteutusta sitten seurattaisiin

seuraavaan tapaamiseen asti. Tämä helpottaisi myös sitä ongelmaa, joka tällä hetkellä kyselyiden perusteella todettiin, että tiedonkulku ei toimi tarpeeksi hyvin yrityksen eri toimialueiden välillä. Palavereissa pitäisi siis tuoda esille kaikki sellaiset tuotantoon lähitulevaisuudessa vaikuttavat seikat, joista voi olla seurauksia kokonaisläpimenoaikoihin, tuotantokapasiteetteihin tai myynnin lupaamiin toimitusaikoihin. Asiakkaalle pitää luvata vain sellaista, joka varmasti voidaan toteuttaa.

Myös työntekijät pitäisi saada ymmärtämään entistä paremmin laadun ja asiakasarvon merkitys, jolloin ongelmien ilmetessä niihin voitaisiin puuttua ja estää mahdollisten virheellisten tuotteiden päätyminen asiakkaalle asti. Virheiden välittömään tunnistamiseen pitäisi rohkaista, jolloin omasta työpisteestä ei päästettäisi virheellistä tuotetta eteenpäin seuraavaan jalostusvaiheeseen. Asiakas ei ole nimittäin yksin loppuasiakas, vaan asiakkaana pitää leanin periaatteiden mukaan nähdä myös tulevat työvaiheet työntekijöineen. Työntekijöitä varten kannattaisi myös avata uusi yhteistyömuoto, jossa työntekijät voisivat tuoda havaitsemiaan asioita johdon tietoon eräänlaisessa palautelaatikossa. Tällainen palaute voitaisiin käydä läpi aiemmin kuvatuissa työnjohdon viikkopalavereissa ja päättää, johtaako palaute mihinkään jatkotoimiin.

Nämä uudistukset olisi järkevintä aloittaa välittömästi, koska näihin ei tarvittaisi suuria rahallisia panostuksia ja toisaalta mahdolliset hyödyt nähtäisiin melko nopeasti tuotannossa. Uudistuksiin voitaisiin lähteä myös pienessä mittakaavassa esimerkiksi yhden osaston tuotannossa, jolloin vähitellen juurrutettaisiin uusi kulttuuri koko organisaatioon. Parhaassa tapauksessa nykyisiä sisäisiä reklamaatioita ja myöhästymisiä saataisiin pienemmäksi, jolloin matalilla investointikustannuksilla takaisinmaksuaika ei muodostuisi kohtuuttomaksi. Jos vaikutuksena olisi esimerkiksi 10 prosentin vähennys nykyisellä yrityksen hukkatasolla n. 5000 neliötä lasia vuodessa, olisi sillä 4 millimetrin karkaistun lasin keskihinnalla 30 euroa/neliö laskettuna lähes 15 000 euron kustannussäästö nykyiseen tuotantorakenteeseen. Koska tuotannossa rikkoutuu muutakin lasia, kuin tällaista halvan hintaluokan tuotetta, on kustannussäästö todennäköisesti merkittävästikin suurempi. Toisaalta jos uudistusten myötä tuotannosta saataisiin samalla enemmän tilauksia läpi nykyhetkeen verrattuna, olisi saatavan lisätuoton myötä säästö vieläkin suurempi.

6.3. Osaamisen kehittäminen

Jaakko-Tuote Oy:n tuotannollinen osaaminen on keskittynyt vahvasti. Osaamista on erityisen paljon osastojen vastaavilla, jotka ovat työskennelleet tehtaassa jo pitkään. Tämä osaaminen on pääosin kokemuksen kautta hankittua, hiljaista tietoa, jota on vaikeaa siirtää eteenpäin. Kun joku osaavista avainhenkilöistä on poissa töistä, on vaikeaa löytää henkilölle korvaajaa. Yrityksen työntekijöiden keski-ikä on yli 40 vuotta. Vaikka keski-ikäkin on melko korkea, tuotannon kannalta oleellista olisi selvittää, miten tätä hiljaista tietoa siirretään tuotannossa eteenpäin vanhemmilta nuoremmille työntekijöille. Useimmilla työntekijöistä ei ole tällä hetkellä mitään lasialan koulutusta, jolloin valta-

osa osaamisesta kehittyy heille vasta työtä tehdessä aikojen saatossa. Tämän vuoksi yrityksen tulisi panostaa työntekijöidensä kouluttamiseen ja alkuvaiheen perehdyttämiseen, jotta laatuun ja asiakastarpeiden tyydyttämiseen suhtauduttaisiin kaikkialla samalla tavoin ja työtavat jalostuisivat sellaisiksi standardeiksi, että ne tehdään aina samalla tavalla yhtä nopeasti. Näin omalta osaltaan vaikea tuotannonohjaus helpottuisi ja toisaalta vanhemman ikäluokan kokemus ja taidot eivät menisi hukkaan.

Osaamista tulisi myös siirtää laajemmalle joukolle vastuuta jakamalla, jotta vaativat tehtävät eivät olisi vain yksittäisten ihmisten varassa. Esimerkiksi vaativa tekninen osaaminen ja innovatiivisuus ovat tällä hetkellä keskittyneet yksittäisille henkilöille. Tämä aiheuttaa huomattavan riskin yrityksen toiminnalle tulevaisuudessa, sillä kilpailu laisialalla on aiemmin kuvatun mukaisesti kovaa halvempien tuotantokustannusten maiden kanssa. Nämä yritykset ovat ylivoimaisia hinnoittelun houkuttelevuudessa, joten suomalaisten yritysten täytyy keskittyä teknisesti haastaviin ja monimutkaisiin tuotteisiin ja palveluihin. Yrityksellä tulisi siis olla vahvaa teknistä ja taloudellista osaamista pysyäkseen kilpailukykyisenä tällaisessa ympäristössä. Sen tulee pystyä uudistumaan ja kehittämään osaamistaan, sillä vähitellen halvan tuotannon maat kykenevät valmistamaan nykyään monimutkaisina pidettyjä tuotteita. Tällainen kehitys haastaa Jaakko-Tuotteen, joka on kyennyt pysymään kilpailukykyisenä myös vähän koulutetulla työvoimalla. Mikäli yritys pyrkii teknisesti monimutkaistamaan tuotteitaan ja kehittymään jatkuvasti omassa tuotannossaan, asettaa se uudenlaisia paineita työvoiman osaamiselle.

Teknisesti koulutetun työvoiman hankkiminen olisi toisaalta kallista ja vaikeaa maaseudulla. Lisäksi työvoiman vahva tekninen osaaminen kyseenalaistaisi yrityksen työvoimavaltaisuuden ja prosessien vähäisen automatisoinnin, jolloin vaadittaisiin muutosta yrityksen jokaisella tasolla. Tämän vuoksi onkin lyhyellä tähtäimellä ja kustannusten kannalta realistisempaa pyrkiä kehittämään henkilöstön osaamista sisäisesti. Ne parantaisivat työntekijöiden tuottavuutta ja tuotteiden laatua. Lisäksi on tunnettua, että henkilöstön kouluttaminen parantaa työmotivaatiota. Koulutukset kannustaisivat työntekijöitä myös kehittämään työskentelyään itsenäisesti, jolloin yrityksen on mahdollista uudistua vähitellen.

Koulutuksilla voitaisiin tämän lisäksi pyrkiä lisäämään tuotantoprosessin joustavuutta parantamalla työntekijöiden monialaista osaamista. Näin ihmiset kykenisivät tarvittaessa siirtymään toisiin työtehtäviin, joissa esimerkiksi ruuhkan purkamiseksi tarvittaisiin kiireapulaisia. Näin saataisiin parannettua prosessin virtausta, kun lasit eivät kuluttaisi yksittäisissä työvaiheissa enää yhtä pitkiä aikoja ja tulevat työvaiheet pääsisivät myös aiemmin aloittamaan oman prosessinsa. Työntekijöiden itsensä kannalta muuten melko samankaltaisina toistuviin työtehtäviin tulisi vaihtelevuutta, mikä olisi omiaan kohottamaan ihmisten työmotivaatiota.

Sisäisten koulutusten hinta ei ole kallis, jos ne voidaan hoitaa yrityksen omalla henkilöstöllä ilman ulkopuolisia kouluttajia. Näin kyettäisiin myös paremmin kohdistamaan

koulutusten osa-alueet niihin tekijöihin, joissa eniten koetaan kehitettävää. Takaisinmaksuaikaa on vaikeaa arvioida, mutta tässäkin yhteydessä voidaan esittää samankaltaisia arvioita kuin edellä visuaalisuuteen panostettaessa. Jos tuotannon nykyisestä hukasta saataisiin kouluttamalla poistettua pienikin prosenttiosuus, olisi sillä merkittävä kustannustehokkuuteen vaikuttava hyöty yritykselle. Koulutukset voisi hoitaa myös mestarikisälli -ajattelun kautta, kun uusi työntekijä opetettaisiin vanhemman henkilöstön toimesta uuden työnsä osaajaksi. Tämä olisi myös hyvä keino edellä mainitun hiljaisen tiedon siirtämisessä, kun uudet työntekijät saisivat välittömästi sen saman tiedon, jonka kokeneemmat työntekijät ovat aikojen saatossa omaksuneet.

6.4. Työskentelyolosuhteiden kehittäminen

Lasitehdas on tapaturmille altis tuotantoympäristö. Tuotannossa syntyvät tapaturmat voivat vähäisimmillään olla pieniä viiltohaavoja, mutta pahimmillaan voivat johtaa ihmisten loukkaantumisiin ja pitkiin sairaspotilaisiin. Jaakko-Tuotteen näkökulmasta myös vilkasliikenteinen tie tuotantolaitosten välillä voi tuotannon ongelmien lisäksi aiheuttaa riskejä, kun ihmisten ja lasien on edellisissä luvuissa kuvatulla tavalla kuljettava osastojen välillä. Toisaalta monet lasiteollisuudessa käytettävät kemikaalit aiheuttavat pahimmissa tapauksissa terveysriskin työntekijöille. Esimerkiksi tuulilasien pulveroinnissa käytettävä piimaa on karsinogeeni eli saattaa aiheuttaa pitkäaikaisessa kuormituksessa syöpää. Samoin silkkipainomaaleissa ja -liuottimissa on omat terveyttä vaarantavat kemikaalinsa.

Leanin periaatteissa työntekijöistä huolehtiminen on ensiarvoisen tärkeää. Tapaturmien ja kemikaaliriskien syntymistä voidaan pyrkiä ehkäisemään monin eri tavoin. Työntekijät tulee velvoittaa käyttämään suojavälineitä oikein ja suojavälineiden käyttöä tulee valvoa. Käytön laiminlyöntiin on tarvittaessa heti puututtava. Käytännössä tämä voidaan toteuttaa asettamalla selkeät seuraukset, mikäli vaadittuja suojavälineitä ei käytetä. Työskentelytapoja tulee myös muuttaa turvallisemmiksi ja ohjeistaa työntekijöitä riittävästi. Samoin erilaisten kohdepoistojen käyttöä on harkittava pölyävissä ja höyryävissä työtehtävissä. Tuotantotilojen välisen tien aiheuttamia riskejä voidaan vähentää poistamalla tien ylittämisen tarve minimiin esimerkiksi kehittämällä tuotannonohjausta tai yleisellä tuotantotilojen järjestämisellä uudelleen, mitä kuvataan tulevissa alaluvuissa.

Yleistä työergonomiaa tulee myös parantaa, jotta vältetään konttorityössä esimerkiksi istumisesta ja päätetyöstä johtuvilta vaivoilta, kuten selkä- ja hartiavaivoilta. Tuotantotilojen puolella ergonomiaan tulee myös kiinnittää huomiota. Meluhaittoja voidaan vähentää suunnittelemalla tilat niin, että melulähteet voidaan mahdollisimman hyvin eristää. Melusta syntyviä riskejä voidaan torjua myös lisäämällä kuulosuojainten käyttöä. Sisäilman laatua on myös hyvä tarkkailla ja tarvittaessa ryhtyä toimenpiteisiin sen parantamiseksi.

Tuotannon kannalta ja laaduntuoton parantamiseksi yrityksen olisi kehitettävä puhtaita työtiloja. Monet uudenaikaiset tuotteet vaatisivat puhdastiloja, joissa lasihin ei pääsisi tarttumaan epäpuhtauksia, ja joissa kosteus- ja lämpötilaolosuhteet voitaisiin vakiodia ympäri vuoden. Nykyisellään työskentelyolosuhteista on yrityksen tuotannon kannalta ongelmia, koska talvella tuotantotiloissa saattaa olla kylmä ja kesällä vastaavasti todella kuumaa ja kosteaa, jolloin esimerkiksi joidenkin lasien vaatima jäähdytys on huomattavasti hitaampaa ja vaikeampaa. Samoin joistain työstövaiheista kehittyvät pöly ja muut likapartikkelit kerrostuvat konepinnoille ja saattavat niistä tarttua lasihin aiheuttaen sisäisiä laatuongelmia. Puhdastiloissa näiltä ongelmilta voitaisiin välttyä ja toisaalta pyrkiä kehittämään tuotteita teknisesti entistä monipuolisemmiksi.

Etenkin ajoneuvoteollisuuden piirissä olisi löydettävissä jo tällä hetkellä selkeää kasvupotentiaalia erilaisten ohutlasiratkaisujen ja näyttölasien osalta. Nämä vaativat erityisiä työskentelyolosuhteita, joita yritykseltä ei tällä hetkellä kuitenkaan löydy. Tulevaisuudessa kuitenkin tämänkaltaiset tuotteet olisivat sellaisia, joilla Jaakko-Tuote voisi erottautua kilpailijoistaan ja luoda uutta kannattavaa tuotantoa kasvaville markkinoille. Esimerkiksi jo kymmenen prosentin myynnin kasvulla nykyhetkeen verrattuna olisi mahdollista saavuttaa satojen tuhansien eurojen liikevaihto tuotteella, jonka elinkaari on vasta kasvavassa vaiheessa.

Tuotannon keskeytyksettömän toiminnan kannalta myös ennakoivaan huoltoon olisi syytä nykyistä enemmän panostaa ja ohjata koneita käyttäviä ihmisiä seuraamaan koneiden antamia signaaleja rikkoutumisesta. Koneita ei kannata käyttää niin kauan, että niihin tulee joku vika, jolloin niitä joudutaan seisottamaan, ennen kuin ne on taas saatu käyttökuntoon. Tarvittaviin huoltoihin olisi syytä varautua siten, että koneiden yleisimpiä kuluvia osia olisi varastossa aina odottamassa. Tämä on tärkeää etenkin siitä syystä, että monet lasialalla käytetyt jalostuskoneet on valmistettu ulkomailla, jolloin varaosien saamiseen tai tarvittavan huoltomiehen saapumiseen tehtaalte voi kulua pitkä aika. Tällöin yritykselle syntyy suuria taloudellisia tappioita, koska lasit on saatava edelleen valmiiksi ja toisten koneiden kuormitus kasvaa samalla merkittävästi. Vaikka Jaakko-Tuotteellakin löytyy monesti tarvittavaa konekantaa kompensoimaan väliaikaisesti rikkoutunut kone, haittaa muuta tuotantoa, jos yksi tai useampi kone on poissa käytöstä.

6.5. Resurssitehokkuudesta kohti virtaustehokkuutta

Aiemmissa alaluvuissa kuvatuilla tavoilla tuotannon nykyisiin ongelmiin päästään vaikuttamaan nopeallakin aikataululla ja pienillä taloudellisilla panostuksilla. Prosessin onnistumisen kannalta on tehtävä kunnon testaukset ja vaikuttavuusanalyysit, jotta haluttuihin tavoitteisiin todella päästään edellä kuvatulla tavalla, ennen kuin uudistukset laajennetaan koko yrityksen tuotantoon. Näillä alkuvaiheen uudistuksilla voidaan vaikuttaa etenkin nykyiseen ahtauden tunteeseen ja siihen, etteivät tilaukset katoa tuotantoon, asiakkaiden suuntaan saavutetaan haluttu palvelutaso ja turhasta odottelusta päästään ainakin osittain eroon.

Nykyistä tuotantoa kuvastaa aiemmin kerrotusti resurssitehokkuus ja erä-jono -tuotanto. Jos yritys haluaa pyrkiä tästä pois ja siirtyä kohti leanin periaatteiden mukaista virtaustehokkuutta, yhden kappaleen virtausta ja läpimenoaikojen radikaalia vähentämistä, ei siihen kyetä nykyisessä tuotannon layoutissa kovin helposti ja nopeasti inkrementaaleilla parannuksilla. Prosessi vaatii suuremman muutoksen, jotta tämä voitaisiin tehdä.

Suurten ajoneuvolasien tuotannon kohdalla tämä tarkoittaisi keskeisesti sitä, että tämän hetkinen kahden TK-osaston ylläpito lopetettaisiin ja koko tuotanto keskitettäisiin Jokiahtentie 12:n alueelle. Jo tällä muutoksella päästäisiin eroon monista tuotantoa tällä hetkellä vaivaavista ongelmista. Ensinnäkin tilaa muulle tuotannolle saataisiin vapautettua, kun Jokiahtentie 15:n TK-osaston tilat vapautuisivat muun tuotannon käyttöön, jolloin esimerkiksi nykyisin ahdasta LA-osastoa voitaisiin osittain laajentaa ja sen layoutia kehittää vanhan TK-osaston tiloissa.

Toiseksi TK-osaston tuotannon toteuttamisessa ei enää tarvittaisi yhtä paljon koneita kuin nykyisin kahden osaston ylläpidossa. Tämä tarkoittaisi koneita lähes kaikissa työstövaiheissa eli hionnassa, karkaisussa, silkipainossa, kasauksessa ja pakkauksessa. Myös joitakin työvaiheita voitaisiin järkevästi yhdistellä uudennlaisiin tuotantosoluihin, joissa esimerkiksi karkaisu, lasien peseminen ja lopullinen kasaus voitaisiin hoitaa fyysisesti samalla alueella samojen ihmisten toimesta. Kahden päällekkäisen työnjohdon ja työntekijäosaston ylläpitäminen jäisi tarpeettomaksi ja ihmiset voitaisiin ohjata niihin työtehtäviin, joissa nähdään eniten tarvetta.

TK-osastojen yhdistäminen vähentäisi myös tarvetta lasien kuljettamiselle tien toiselta puolelta toiselle, jolloin myös riski siitä, että lasi rikkoutuisi tai muuten vahingoittuisi kuljetuksen aikana, vähenee merkittävästi. Toisaalta yrityksen olisi tarpeen vaatiessa myös harkittava oman jakopalvelun kehittämistä, jolloin tällä hetkellä prosessin kannalta välttämättömästä, mutta tuottamattomasta kuljetuksesta voitaisiin saada liiketaloudellista hyötyä.

LA-osastolla puolestaan kuljetusten järkevöittämiseksi lasien leikkaus, nauhaus, silkipaino, taivutus ja laminointi pitäisi järjestää peräkkäin sellaiseksi tuotantolinjaksi, että ensimmäinen välivarasto syntyisi lasille vasta laminoinnin jälkeen ennen imu-uuni ja klaavauskäsittelyitä. TK-osastolta vapautuviin tiloihin ja LA-osaston osittain vanhojen tilojen puitteissa tämä voitaisiin myös pidemmällä aikavälillä toteuttaa. Laminointiin olisi samassa yhteydessä tarvetta kehittää täysin uudenlainen toimintamalli, josta kerrotaan tässä alaluvussa myöhemmissä kappaleissa.

Yrityksen tulisi harkita koneiden uudelleensijoittelua virtaustehokkuuden parantamiseksi myös muilla kuin suurten ajoneuvolasien osastoilla. Nykyisen leikkaamon takana on tällä hetkellä yleisiä varastotiloja ja vähäisellä käytöllä tai hitaasti toimivia tuotantokoneita. Tälle alueelle leikkaamon välittömään läheisyyteen yrityksen olisi osittain kyettävä siirtämään tehdasrakennuksen toisessa äärilaidassa olevan hiomon koneita ja osapro-

sesseja. Tällaisia koneita voisivat olla vaakahionnan koneet ja muotohiontaan kykenevät CNC-koneet sekä erilaiset hiontaa välittömästi seuraavat porakoneet. Uudessa layoutissa leikatut lasit siirtyisivät suoraan ilman välivarastoja hiontaan ja poraukseen, jolloin tuotantoa saataisiin huomattavasti nopeutettua prosessin alkupäästä ja esimerkiksi TK-osastolla havaitusta hionnan pullonkaulasta päästäisiin eroon. Vaakahiomakoneiden osalta kannattaisi suosia leanin periaatteiden mukaista U-muotoista tuotantolinjaa, koska tällöin lasien syötössä ja vastaanotossa voisi toimia yksi ihminen tai vaihtoehtoisesti automaation ohjaama kuljetinrobotti.

Tämänhetkinen leikkaamon takana sijaitseva henkilöautojen sarjauuni tai sen tilalle hankittava uusi, tehokkaampi kone siirtyisi kehitettävässä tuotantojärjestelmässä hionta- ja porakoneiden tieltä LA-osastolta vapautuviin tuotantotiloihin, joiden yhteyteen myös näiden lasien laminointi siirtyisi. Laminointia voisi sekä henkilöauton että linja-auton tuulilasien osalta lähteä kehittämään pienemmässä tilassa ja pienemmillä resursseilla. Lasin syöttäjä laittaisi taivutetun lasin nykyisen käsipesun sijaan suihkuttavaan pystypesukoneeseen, josta lasit etenisivät kuivauksen kautta laminoinnin kääntöpöydälle, jossa yksi ihminen laminoisi lasin ja ohjaisi sen imu-uunikäsittelyn kautta takaisin lasin syöttäjälle. Samalla tavoin voitaisiin myös järjestää rakennuslasipuolella tavallisten, suorien lasien laminointi. Tällainen toimintamalli säästäisi tilaa nykyisiin laminoinnin vaatimiin tiloihin nähden ja olisi kustannustehokkaampi ratkaisu kuin nykyinen lähes täysin manuaalinen valmistusprosessi.

Pitkällä aikavälillä yrityksen olisi myös harkittava suorakarkaisevan koneen hankkimista Jokiahteentie 12 alueelle ja yleisemmin automaation lisäämistä niin mekaanisiin työstövaiheisiin kuin lasien laadunvalvontaan. Karkaisukone helpottaisi osaltaan kuljetustarpeita, koska nykyisin kaikki Se-osastolla ja Se-puolen TK-osastolla tarvittavat suora-karkaistavat lasit on kuljetettava työstettäväksi tien toisen puolen karkaisukoneille. Automaation avulla puolestaan työstöt nopeutuisivat, kone kykenisi tekemään työstöt vakioina ja toisaalta ihmisten panokset voitaisiin kohdistaa vaativampiin ja valvontaa vaativiin tehtäviin. Toisaalta nykyisin erittäin haasteellinen laadunvalvonta helpottuisi. Kone kykenisi tiettyjen parametrien osalta aina samanlaiseen objektiiviseen tarkasteluun, kun taas ihmissilmä saattaa väsyä asioiden tarkastamiseen kerrasta toiseen etenkin, jos ihminen on tehnyt pitkän työpäivän ennen tätä työvaihetta. Näin voidaan paremmin vastata myös asiakkaiden tiukkeneviin laatuvaatimuksiin, kun asiakkaille kyetään paremmin osoittamaan lasien laatu sellaisena, kuin se todellisuudessa asiakasrajapintaan näyttäytyy. Myös mahdolliset reklamaatiokysymykset helpottuvat tämän osalta, kun asiakkaan kanssa sovitaan yhteisistä pelisäännöistä, joita molemmat yritykset sitoutuvat noudattamaan.

Kustannussäästöjen osalta tässä alaluvussa kuvatuilla muutoksilla olisi kaikkein voimakkain kustannuksia säästävä vaikutus Jaakko-Tuotteelle. Tämä perustuu ennen kaikkea kolmeen asiaan:

1. Saavutettavissa olisi merkittävä läpimenoajan lyhennys nykyiseen prosessiin nähden.
2. Tilauksia on vuositasolla paljon.
3. Lyhyemmällä läpimenoajalla laseja voidaan ajaa enemmän tuotannosta läpi.

Työssä havaittiin tarkastelluista lasiprosesseista, että niissä odotusaika muodostaa merkittävän osan kaikesta siitä ajasta, jonka lasi kuluttaa tuotannosta. Ohessa on taulukossa 4. kuvattu arviot siitä, millaisiin säästöihin voitaisiin päästä 10, 20, 30, 40 ja 50 prosentin vähennyksellä nykyiseen keskimääräiseen läpimenoaikaan. Laskelmissa on käytetty vuoden 2015 tilausmäärää toimitusaikaa kohden eli noin 900 tilausta yhtä aikaa tuotannossa sekä keskimääräistä läpimenoaikaa kolmea viikkoa yhtä lasitilausta kohden. Työn kustannuksena on käytetty Jaakko-Tuotteen sisäisissä laskelmissa käytettävää 33,10 euroa työtuntia kohden. Tässä ei vielä ole siis huomioitu niitä säästöjä, joita vapautuvista tuotanto- ja varastotiloista voidaan saada. Saavutetut hyödyt lisääntyvät myös, jos myyntiä saadaan lisättyä tuotantokapasiteetin mukaisesti. Näin todelliset säästöt voivat olla taulukossa kuvattua suuremmat.

Taulukko 4. *Euromääräiset säästöt läpimenoajan vähentymisestä per vuosi.*

läpimenoajan pienentyminen	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
säästö (€)	358.000	715.000	1.073.000	1.430.000	1.788.000

Esitetyt arviot ovat hyvin suuntaa antavia, mutta merkittävyydeltään niin suuria, että yrityksen olisi syytä lähteä selvittämään, mikä olisi esitettyjen muutosten takaisinmaksuaika. Suurimpiin säästöihin on alkuvaiheessa vaikeaa päästä, mutta työkustannus on lasien osalta niin suuri osatekijä jalostusarvoa, että jo pienellä läpimenoajan vähentymisellä säästö olisi vuositasolla merkittävä nykyiselläkin tilauskannalla.

6.6. Kaiken yhdistävä tuotannonohjausjärjestelmä

Toiminnan organisointiin on kiinnitettävä huomiota siksi, että toimitukset myöhästyvät tälläkin hetkellä kaikesta huolimatta, vaikka tilauksia ei ole kapasiteettiin nähden liikaa. Yrityksellä on tällä hetkellä myös suuri määrä erilaisia tuotantotilastoja ja seurantamalleja, joiden järkevälle yhdistämiselle olisi selkeä tarve. Tämän vuoksi olisi hyödyllistä kehittää tai hankkia yritykseen tuotannonohjausjärjestelmä, jonka avulla toimintaa voitaisiin ohjata keskitetysti. Selvitystyöhön pitäisi lähteä tuotannollisista lähtökohdista, koska tuotannon erikoislaatuisuuden takia kaikista ohjelmistoista ei varmastikaan löydy tarvittavia palikoita taipumaan lasituotannon tarpeisiin. Tästä yrityksellä on viimeaikaisista kokemusta uusimman tietojärjestelmäprojektin tiimoilta, joka on edelleen kesken.

Uuden tietojärjestelmän avulla tämänhetkinen, melko manuaalinen taulukkolaskenta-pohjainen tuotannonohjaus helpottuisi. Tuotantotaulukko ei välttämättä ole ajan tasalla, jolloin myynnin pitää asiakastiedustelujen perusteella lähteä selvittämään tuotannon tilaa, kun tietoa ei muuten löydy mistään. Uudessa järjestelmässä tämä tieto olisi helpommin saatavissa, ja sen näkisi samassa hetkessä omalta tietokoneelta asiakastiedustelun yhteydessä. Näin asiakaspalvelu helpottuisi, kun asiakasta ei tarvitse odottaa tärkeän tiedon hankinnassa. Tulevaisuuden optimitilanteessa päästäisiin myös eroon erilaisista tuotannosta ylläpidettävistä tilastoista, jotka monesti tuntuvat sotkevan tuotannon järkevää kulkua läpi valmistusketjun. Tällaiset tuotantotilastot voitaisiin jatkossa yhdistää yhteen tietokantaan, jolloin tiedonkulun ja päätöksenteon kannalta kaikilla ihmisillä olisi tarvittava tieto aina käytössään joka puolella yrityksessä.

Toisaalta myös tuotannon työmääräimet saataisiin sähköisesti siirtymään tuotantoon ilman erillisten paperisten työmääräinten käyttöä, jos yrityksen tietojärjestelmä olisi laajennettu osaksi koko yrityksen toimintaa. Samoin erilaiset lasien mittapiirroksot ja valmistuskuvat voisi liittää suoraan tietojärjestelmään nykyisten mappien ylläpitämisen sijaan. Tuotannossa tiedettäisiin kaiken aikaa, mitä pitää tehdä missäkin järjestyksessä ja konttorissa voitaisiin seurata lasien etenemistä jalostusketjussa ja tarvittaessa puuttua työnjohdon välityksellä tilanteeseen. Valmistuneista laseista tulisi suoraan tieto laskutukseen, josta tilaukset voitaisiin jatkossa laskuttaa suurimmalta osalta asiakkaita sähköisesti ilman erillistä paperilaskua. Tämä nopeuttaisi prosessia myös loppupäästä, koska tällä varmistuttaisiin nopeasta laskutusaikataulusta. Näin ei enää oltaisi riippuvaisia postista, jossa pahimmassa tapauksessa laskut hukkuvat tai asiakas saa laskun vasta päivien tai viikkojen kuluessa laskutusajankohdasta.

Uuden tietojärjestelmän hankinta on kallis prosessi. Joka tapauksessa tämän kokoluokan yrityksessä puhutaan vähintään 100.000 euron investoinnista. Takaisinmaksuajan kannalta on oleellista, että esiselvitysvaiheessa mahdollisimman tarkkaan määritetään toimittajalle ne tarpeet, joita yritys toiminnanohjausjärjestelmältä hakee. Näin vältetään projektin aikana ikäviltä yllätyksiltä, kun molemmilla yrityksillä on kaiken aikaa tiedossa, mitä toinen vaatii ja haluaa.

7. Yhteenveto

Diplomityön yhteenvedossa kerätään kootusti yhteen työn keskeiset tulokset, tulosten perusteella suunnitellut kehitystoimenpiteet ja arvioidaan työn onnistumista kolmen keskeisen tutkimuksellisen periaatteen eli reliabiliteetin, validiteetin ja yleistettävyyden osalta. Samoin pohditaan sitä, mitä mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita tämä työ on kirjoittajan mielestä herättänyt.

7.1. Keskeisimmät tulokset

Tutkimuskohteen määrittelyssä lähdettiin liikkeelle ajatuksesta, että työssä tutkittava kokonaisuus olisi yrityksen kannalta merkittävä niin tuotannollisesta kuin liiketaloudellisesta näkökulmasta. Näin tarkastelun kohteeksi valittiin suurten ajoneuvolasien tuotantoprosessit niin yrityksen LA- kuin TK-osastoilla. LA-osastolla valmistuvat erilaiset linja-autojen tuulilasit ja TK-osastolla sivulasit. Prosesseja lähdettiin tutkimaan leanin periaatteiden mukaan ajatuksella, että selvitetään suurten ajoneuvolasien tuotannon nykytila, haasteet ja kehitysmahdollisuudet erityisesti asiakastarpeiden tyydyttämisen, läpimenoaikojen ja laaduntuottamisen osalta. Tämän tavoitteen pohjalta määriteltiin tutkimuskysymykset, joiden oli tarkoitus vastata siihen, mitä eri keinoja on parantaa suurten ajoneuvolasien valmistusta niin virtauksen kuin kustannustehokkuudenkin osalta lean-periaatteita hyödyntäen.

Leanin periaatteiden ottaminen tarkasteluun teoriaosiossa oli loogista, koska tuotantoprosessien läpimenoaikojen lyhentämiseen ja virtauksen parantamiseen lean tarjoaa monenlaisia työkaluja, kuten 5S-menetelmän, visuaalisuuden kehittämisen, osaamisen monipuolistamisen, erilaiset arvovirtakuvaukset ja tuotannon layout-suunnittelun, joista kaikista löydettiin apua Jaakko-Tuotteen tuotantoprosessiin. Tuotantoprosessin nykytilaa lähdettiin kartoittamaan työn konstruktivisessa tapaustutkimusotteessa strukturoidun havainnoinnin, yleisen havainnoinnin ja kyselyiden avulla. Näin saatiin kattava kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen aineisto, jota työssä lähdettiin tarkemmin analysoimaan. Strukturoidun havainnoinnin tulokset kerättiin työtä varten suunnitellun työajan seurannan kaavakkeilla ja havainnoimalla tuotantoa paikan päällä. Kvalitatiivinen kyselyaineisto puolestaan hankittiin tuotantotyöntekijöiltä kyselylomakkeella, jossa kaikilta kysyttiin samat kysymykset samassa järjestyksessä. Tämä auttoi hahmottamaan prosessin kokonaisuutena ja toisaalta työtä varten saatiin myös hyviä vinkkejä mahdollisista kehitystoimenpiteistä.

Kvantitatiivisesta mittausdatasta selvitettiin arvovirtakaavioiden avulla tuotannon pullonkaulat, läpimenoajat ja arvoa tuottavat ajat. Pullonkauloina arvovirtakaavioista saa-

tiin TK-prosessin osalta hionta ja silkkipaino, LA-prosessista puolestaan taivutus ja lämmityskalvon teko. Kaavioista havaittiin myös, että prosesseissa on tällä hetkellä melko paljon vaihtelua ja odotusaikoja eri työvaiheiden välillä. Vaihtelu ilmeni ennen kaikkea työstöajoissa, läpimenoajoissa ja arvoa tuottavan ajan osuudessa kokonaisajasta, koska se saattoi vaihdella 3,6 prosentista 21,7 prosenttiin välillä huonoimmasta parhaaseen prosessiin. Tässä piti huomata se tosiseikka, että koska lasia tehdään sarjoissa ja työstöjä voidaan kerralla tehdä vain yhteen lasiin, antoi prosessikaavio etenkin LA-tuulilasiensa osalta liian korkeita arvoja tuottavia aikoja suhteessa TK-osaston prosessiin.

7.2. Kehitystoimenpiteet

Työssä saavutettuja tuloksia lähdettiin tulkitsemaan leanin hukkien perusteella, joita yrityksen nykyisestä tuotantoketjusta tunnistettiin useita. Lasituotannon kannalta tärkeiksi hukiksi nähtiin virheet, uusintatyö, kuljettaminen, odottelu, varastot, tarpeeton liikkuminen ja tuotantoon osittain soveltumaton layout. Näihin hukkiin lähdettiin tässä työssä vaikuttamaan. Virheet toistuvat aika ajoin ja niitä voidaan yrityksen kannalta nähdä sekä sisäisinä virheinä että tuotevirheinä. Sisäiset virheet syntyvät ja ne tunnistetaan jo tuotannossa, kun taas tuotevirheet päätyvät asiakkaalle asti ja johtavat välillä pitkiinkin reklamaatioselvityksiin. Uusintatyö liittyy keskeisesti näihin tuotannon virheisiin, koska uudet lasit on tehtävä vanhojen tilalle. Tuotannon kannalta vaihtoehtoina on se, että uudelleen tehdyn lasin annetaan ottaa kiinni muu tuotanto tai se valmistetaan jälkitoimituksena toisten lasien lähdettyä ajallaan asiakkaalle. Myös odottelu ja varastot liittyvät toisiinsa. Nykyisessä tuotantomallissa lasia tehdään sarjoissa ja eri työvaiheiden välille muodostuu arvovirtakaavioiden mukaisesti välivarastoja ja odotusaikaa ennen siirtymistä seuraavaan työvaiheeseen. Tarpeeton liikkuminen ja nykylayoutin haasteet voidaan myös nähdä yhtenä kokonaisuutena, koska nykyinen koneiden sijoittelu funktionaalisessa järjestelmässä johtaa pitkiin kuljetusmatkoihin tehtaan sisällä ja myös kahden toimitilan välillä tien eri puolilla.

Näihin haasteisiin työssä lähdettiin kehittämään taulukoiden 5. ja 6. mukaisesti sekä lyhyen tähtäimen inkrementaaleja, operatiivisia toimia, että pitkällä tähtäimellä vaikuttavia strategisia ja radikaalimpia tuotannon kehittämistoimia. Toimien osalta tarkastellaan erilaisia mahdollisuuksia ja toisaalta uhkakuvia, joita näistä voi aiheutua.

Taulukko 5. Operatiiviset tuotannon kehittämistoimenpiteet.

Operatiivinen toimenpide	Mahdollisuudet	Uhat
Tilojen rajaaminen teipein, maalauksin, erilaisin ohjekilvin	Käytävät vapautuvat, ahauden tunne vähenee, tuotannon visuaalisuus paranee, kuljetukset hel-	Mikään ei muutu, jos toimintaa ei seurata ja mahdollisiin väärinkäytöksiin puututa. Ongelmat kasaantuvat, jos lasia alkaa kertyä yhdelle alueelle liikaa esim. hi-

	pottuvat.	taamman työstötahdin johdosta.
Tuotannon uudet kanban-kortit eli ”liikennevalot”	Saavutetaan uudenlainen visuaalisuuden aste, kun yhdellä silmäyksellä nähdään kiireelliset ja ei-niin-kiireelliset tilaukset työstökoneilla. Näin pystytään nopeasti reagoimaan, jos joillekin työpisteille alkaa kertyä useampia punaisia kortteja.	Tuotannossa alkaa olla pelkästään ”punaisia kortteja”, jos työntekijät alkavat ajatella, että vihreällä ja keltaisella ei vielä tarvitse tehdä laseille mitään. Pahimmasa tapauksessa tuotanto voi viivästyä, kun asioihin ei reagoida silloin kuin niihin pitäisi.
Tuotannon viikkoaikataulut	Tuotannossa tiedetään kaiken aikaa, mitä pitää tehdä ja missä järjestyksessä. Tuotannonohjaus helpottuu, kun nähdään, mitkä tilaukset valmistuvat ja voidaan ohjata eteenpäin seuraaviin työvaiheisiin.	Ainakin alkuvaiheessa voi olla vaikeaa hahmottaa, millainen määrä tuotannosta pystytään ajamaan läpi realistisesti viikon aikana. Samoin työtahti samankin osaston eri työstövaiheissa voi olla erilainen.
Työnjohdon viikkopalaverit ja uusi palautelaatikko	Sovitaan yhteisistä pelisäännöistä, joilla asiat hoidetaan seuraavaan palaveriin asti. Voi parhaimmillaan johtaa siihen, että eri osastoille muodostuu yhteinen tapa toimia ja tehdä asioita. Tämä auttaa yritystä kehittämään tuotantoaan kohti entistä standardoidumpia työtehtäviä. Tuotantoon kehittyä kulttuuri, jossa ongelmiin puututaan niiden synty- paikoilla ja niihin haetaan yhdessä uusia ratkaisuja.	Sovituista asioista ei pidetä kiinni, vaan vanhat toimintamallit pysyvät kiinteästi osana työskentelyprosessia. Mikään ei kehity, vaikka palavereihin kuluu arvokasta työaika.
Osaamisen kehittäminen (hiljaisen tiedon siirto, kou-	Koulutuksilla siirrettäisiin osaamista laajemmalle, voitaisiin kehittää moni-	Muutos nostaa usein vastarintaa. Omista tutuista ja turvallisista toimintamalleista ja työtehtävistä

lutukset)	osaavia työntekijöitä ja kohotettaisiin ihmisten työmotivaatiota. Osavampi työväestö pystyisi myös itse paremmin haitsemaan työnsä haasteita ja tarvittaessa puuttumaan niihin omatoimisesti.	ei haluta pois missään olosuhteissa. Näin mahdolliset koulutukset jäävät vain turhiksi kuluveriksi, jos ilmapiirimuutosta ei saada aikaan.
Työolosuhteiden kehittäminen (mm. puhdas tilat, työsuojeluvälineiden entistä parempi käyttö, meluntorjunta, ergonomiaan panostaminen)	Puhtaampi, paremmin organisoitu ja yleisesti terveempi työympäristö. Mahdollisuus uudelleen innovointiin, kun voitaisiin lähteä kehittämään uusia, korkeamman jalostusasteen tuotteita.	Työsuojelun ja puhtauden ylläpidosta tulee liian suuri osa tuotannon päivittäistä työrytmiä, jolloin tuotanto hidastuu ja toimitusvarmuus kärsii.

Taulukko 6. Strategisen tason kehitystoimenpiteet.

Strateginen toimenpide	Mahdollisuudet	Uhat
TK-osasto yksinomaan Jo- kiahteentie 12 alueella	Tilaa vapautuu vanhan TK-osaston alueelle. Konekanta voidaan vähentää, työnteko ja työnjohto selkeytyvät paremmin vastaamaan yhden osaston tarpeita. Nykyistä kuljetustarvetta ja sitä kautta läpimenoaikoja voidaan lyhentää, kun laseja ei tarvitse siirrellä tien toiselta puolelta toiselle siinä määrin kuin nykyään.	Yritykselle jää hyödyntämätöntä tuotantotilaa, jos muiden osastojen prosesseja ei saada järkevästi organisoitua näihin tiloihin. Vanhojen koneiden myynti voi olla vaikeaa, jolloin yritykselle jää käyttämättömien koneiden joukko kuluttamaan pääomaa ja varastotiloja. Henkilöstön uudelleenorganisointi epäonnistuu, joka aiheuttaa epäselvyyksiä, eripuraa ja laskee työmotivaatiota.
Uudenlaiset tuotannolliset layout-ratkaisut leikkaa- moon, LA- ja TK-osastoille	Prosessin läpimenoaika ja yleistä odotusaikaa saadaan merkittävästi vähennettyä prosessin eri	Kehitystoimenpiteet vaativat koneiden siirtämistä ja tilojen vapauttamista, joka ei välttämättä ole nopea ja tehokas prosessi.

sekä laminointiin	vaiheissa. Virtaus ja sitä kautta tuotannon ohjattavuus paranevat.	Ennen toimenpiteisiin ryhtymistä pitäisi tehdä tarkat suunnitelmat, jotta tuotantoa ei turhaan lähdetä muuttamaan, jos muutosten jälkeen huomataan, ettei uusi järjestelmä toimikaan.
Uusi tuotannonohjausjärjestelmä	Tuotannon ohjattavuus paranee, kaikki nykyiset erilaiset tuotannon tilastoinnit voitaisiin yhdistää uuteen järjestelmään ja aiemmin kuvattu tuotannon viikkoaikataulu saataisiin suoraan järjestelmästä. Parhaimmillaan tiedot voisi siirtää suoraan sähköisesti tuotantoon, tieto valmistumisesta tulisi järjestelmästä laskutukseen ja lasku voitaisiin lähettää suoraan järjestelmästä asiakkaalle.	Järjestelmän valinnassa tulisi korostaa tuotannon tarpeita. Taloushallinto ja palkat seuraavat mukana, jos tuotanto saadaan sovitettua ohjelmiston raameihin. Tuotanto on niin keskeinen osa yrityksen toimintaa, että jos ohjelmiston valintaprosessissa ei jo kyllin tarkasti määritetä ohjelmiston mahdollisuuksia ja rajoitteita, voi käyttöönotosta tulla yritykselle näinkin erikoistuneella toimialalla ja kahden tyystin erilaisen tuotteen eli lasin ja kattopellin osalta hyvin kallis ja pitkä projekti.
Karkaisukone ja automaatio	Karkaisukoneen avulla saataisiin lisättyä kapasiteettia keskeiseen yrityksen jalostusprosessiin. Toisaalta läpimenoajat ja kuljetustarve pienenisivät, kun Se-osaston suorakarkaisua vaativia laseja ei tarvitsisi kuljettaa osastolta toiselle. Automaatio etenkin nostoissa ja laadunvalvonnassa lisäisi tuottavuutta ja toisaalta koneiden objektiivisuus vähentäisi riskiä siitä, että ihmissilmältä jäisi jokin asia huomaamatta kokonaan.	Karkaisukoneen hankinta on kallis projekti, jonka takaisinmaksuaika on syytä määrittää, ennen kuin sellaisen hankintaan ryhdytään. Automaation osalta riskinä on se, että koneet ja laitteet eivät kaikesta huolimatta toimi niin kuin pitää, vaan lasien nostoissa tulee rikkoutumisia ja asiakkaille päättyy laadunvalvonnasta sellaisia laseja, jotka ihmissilmä olisi kyennyt hylkäämään.

Näillä toimenpiteillä voidaan lähteä kehittämään tuotantoa laaduntuoton, läpimenoaikojen ja asiakastarpeisiin reagoinnin osalta. Operatiiviset toimenpiteet ovat prioriteettilistan kärjessä, koska ne on suunniteltu sillä ajatuksella, että tuotantoa voidaan lähteä kehittämään nopeasti ja myös kustannuksiltaan halvoilla toimintamalleilla. Niitä on myös helppo toteuttaa ja toteutuksen onnistumista seurata päivittäisessä toiminnassa. Heti kannattaa lähteä selvittämään etenkin seuraavien kolmen asian toteutusta:

1. Tuotantotilojen selkeyttäminen ja järjestely 5S:n periaattein.
2. Uudet tuotannon viikkopalaverit.
3. Työskentelytilojen uudistaminen turvallisemmiksi ja puhtaammiksi.

Strategisten toimenpiteiden tarkoituksena on puolestaan lähteä radikaalimpiin toimenpiteisiin, joita yrityksessä voidaan resurssien asettamissa rajoissa lähteä kehittämään pidemmällä aikavälillä. Yrityksen kapasiteetti ja nykyinen layout kykenevät vielä tällä hetkellä vastaamaan melko tasaiseen liiketoiminnalliseen kehitykseen. Jos yritys kuitenkin haluaa pyrkiä uudelle liiketoiminnan tasolle ja parantamaan nykyistä kustannustehokkuuttaan, on yrityksen lähdettävä laajempaan tuotannon kehittämiseen tulevaisuudessa.

Esitetyistä strategisista uudistuskohteista tärkeimmät ovat TK-osaston ja tuotannon yleisten layouttien muuttamiset siten, että läpimenoajat ja sitä kautta valmistuskustannukset selkeästi pienenisivät. Tällä hetkellä odotusajat, kuljetukset ja koneiden sijoittelu aiheuttavat tuotannolle suurimmat ongelmat yksittäisinä turhina kustannuksina, joten ennen uusiin koneisiin panostamista tuotannon layout olisi saatava tuotantokannan vaatimalle tasolle. Karkaisukoneen hankintaa ja automaatioasteen nostamista voidaan puolestaan pitkittää niin kauan kuin liikevaihdossa ei ole nähtävissä suuria kasvunäkymiä, mutta layoutin ongelmat ovat tätä päivää ja niihin olisi lähivuosien aikana yrityksessä kyettävä puuttumaan.

7.3. Onnistumisen arviointi ja jatkotutkimuksen aiheet

Onnistumisen arviointia voidaan pohtia tutkimuksen reliabiliteetin, validiteetin ja yleistettävyyden osalta. Pidän tutkimuksen reliabiliteettia eli luotettavuutta hyvänä, koska työnajanmittauksia olivat tekemässä diplomityön tekijän lisäksi LA- ja TK-osastojen kokeneimmat työntekijät. Samoin kyselytutkimuksen osalta tuli kuva siitä, että ainakin suuri osa vastaajista olisi suhtautunut siihen tarvittavalla vakavuudella ja täysin hyödyntämättömiä vastauksia ei tullut yhtään. Toisaalta joiltain osin oli nähtävissä sitä, että kii-reeseen vedoten jätettiin jaettuun kyselyyn kokonaan vastaamatta. Tällä ei lopputuloksen kannalta ollut lopulta suurta merkitystä, koska diplomityöntekijällä on pitkä työhistoria kohdeyrityksessä ja suhteellisen laaja näkemys tutkituista prosesseista jo etukäteen. Samoin työnjohdon kanssa toiminut sujuva yhteistyö helpotti tarvittaessa puuttuvien linkkien täydentämistä.

Validiteetti eli tutkimuksen pätevyys on myös hyvä. Ainoana haasteena diplomityön aikataulussa oli löytää sellaiset lasitilaukset, joita voitiin kaikessa laajuudessaan seurata prosessin alusta loppuun tilauksesta lasien lähettämiseen. Validiteettia olisi tässä suhteessa voitu parantaa ottamalla tarkasteluun pidempi aikaväli, jolloin useampia vastaavia lasitilauksia olisi saatu prosessista läpi. Tästä syystä työnajanseurannan antamaa dataa laajennettiin kyselytutkimuksen avulla kattamaan myös ihmisten itsensä näkemys prosessin nykytilasta pelkän kovan numerodatan rinnalla. Näin saatiin omasta mielestäni kattavampi otos työn aineistoksi kuin pelkällä kvantitatiivisella seurannalla olisi saavutettu.

Tutkimuksen yleistettävyys on kuitenkin huono. Työssä tarkasteltiin kahta selkeästi rajattua tuotantoprosessia Jaakko-Tuotteen sisällä ja kehitetty toimintamalli pätee vain tämän yrityksen tuotannollisissa kontekstissa. Diplomityöntekijällä ei ole tarkkaa tietoa siitä, millä tavoin tuotanto on järjestetty vastaavankokoisissa ja -laajuisissa lasialan yrityksissä, joten yleistettävyyden osalta ei tälläkään perusteella voi antaa suuria analyysejä. Jokaisella lasialan yrityksellä on omanlaisensa läpimenoajat, tuotantokoneissa saattaa olla variaatioita ja automaatioasteessa eroja. Näin Jaakko-Tuotteelle kehitetyt toimintamallit eivät välttämättä sovellu johonkin toiseen ympäristöön.

Työssä ilmenneiden tietojen pohjalta löydettiin useita aiheita jatkotutkimukselle. Näistä ensimmäinen on nykyisiin tuotannon sisäisiin virheisiin ja niihin johtaneisiin syihin puuttuminen sekä niiden tarkempi analysointi. Syyt ovat tällä hetkellä moninaiset, joten yrityksellä olisi merkittävä säästökohde siinä, että virheiden juurisyyt selvitettäisiin tarkasti ja niiden syntymiseen puututtaisiin entistä paremmin. Toinen jatkotutkimuskohde liittyy lasin nykyiseen tuotantoprosessiin ja sellaisiin työvaiheisiin, joista voisi olla mahdollista päästä eroon lasin fysiologisten ominaisuuksien tarkalla määrittelyllä. Tällä hetkellä yritykseltä kuluu esimerkiksi suuria resursseja siihen, että isot laminoitavat lasit nipsutetaan ennen klaavikäsittelyä kuplaantumisen estämiseksi. Olisi esimerkiksi mielenkiintoista selvittää, mitä muutoksia laminoitikalvossa tapahtuu siinä vaiheessa, kun se kuplaantuu. Jos nipsutuksesta kyettäisiin tiettyjen lasin lämmitykseen ja jäähdytykseen liittyvien parametrimuutosten avulla pääsemään eroon, olisi se huomattava parannus nykyisten laminoitavien lasien prosessiin. Kolmantena jatkotutkimuskohteena yrityksen olisi selvitettävä uusia tuotekehitysmahdollisuuksia. Samoin olisi analysoitava nykyisten tuotannossa olevien lasien elinkaaret ja kustannusrakenteet, jotta nähtäisiin, mihin suuntaan lasiala on menossa. Näin kyettäisiin ennakoivasti reagoimaan sellaisiin muutoksiin, joita alalla on syntymässä.

LÄHTEET

Aaltio, I. 2014. Case-tutkimus metodisena lähestymistapana. Metodix, menetelmäartikkelit [WWW]. Päivitetty 19.04.2014 [viitattu 31.05.2016]. Saatavilla: <https://metodix.net/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/>.

Álvarez, R., Calvo, R., Peña M.M., Domingo, R. 2009. Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 43, 9-10, s. 949–958.

Andersson, R., Eriksson, H., Torstensson, H. 2006. Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. The Total Quality Management Magazine 18, 3, s. 282–296.

Arnheiter, E.D., Maleyeff, J. 2005. The integration of lean management and Six Sigma. The Total Quality Management Magazine 17, 1, s. 5–18.

Atieh, A.M., Kaylani, H., Almuhtady, A., Al-Tamimi, O. 2015. A value stream mapping and simulation hybrid approach: application to glass industry. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 84, 5-8, s. 1573–1586.

Belekoukias, I., Garza-Reyes, J.A., Kumar V. 2014. The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. International Journal of Production Research 52, 18, s. 5346–5366.

Bhamu, J., Sangwan, K.S. 2014. "Lean manufacturing: literature review and research issues", International Journal of Operations & Production Management 34, 7, s. 876–940.

Byrne, A. 2013. The Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company. The McGraw-Hill Companies, Inc. 200 s.

Castro, H., Putnik, G.D., Shah, V. 2012. A review of agile and lean manufacturing as issues in selected international and national research and development programs and roadmaps", The Learning Organization 19, 3, s. 267–289.

Chapman, C.D. 2005. Clean House With Lean 5S. Quality Progress 38, 6, s. 27–32.

Chay, T., Xu, Y., Tiwari, A., Chay, F. 2015. Towards lean transformation: the analysis of lean implementation frameworks. Journal of Manufacturing Technology Management 26, 7, s. 1031–1052.

Emiliani, M. 1998. Lean behaviors. Management Decision 36, 9, s. 615–631.

Emiliani, M., Stec, D. 2004. Using value-stream maps to improve leadership. The Leadership & Organization Development Journal 25, 8, s. 622–645.

- Falck, P. 2015. Laatukäsikirja. Panelia, Jaakko-Tuote Oy. Lasikomponenttien valmistukseen liittyvät toiminnot, perustuu ISO-9001:2015 -standardiin, liittyy ECE 43R -säännöstöön ja rakennustuoteasetukseen 305/2011. 34 s.
- Found, P., Harrison, R. 2012. Understanding the lean voice of the customer. *International Journal of Lean Six Sigma* 3, 3, s. 251–267.
- Harjunpää, V. 2009. Oman tien kulkija. Eura, Euraprint. 204 s.
- Hasle, P., Bojesen, A., Jensen, P.L., Bramming, P. 2012. Lean and the working environment: a review of the literature. *International Journal of Operations & Production Management* 32, 7, s. 829–849.
- Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Infacs Oy, Tampere. 510 s.
- Hilton, R.J., Sohal, A. 2012. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management* 29, 1, s. 54–70.
- Hines, P., Holweg, M., Rich, N. 2004. Learning to evolve. *International Journal of Operations & Production Management* 24, 10, s. 994–1011.
- Hines, P., Rich, N. 1997. Seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management* 17, 1, s. 46–64.
- Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D., Taylor, D., Butterworth, C., Sullivan, J. 1998. Value Stream Management. *The International Journal of Logistics Management* 9, 1, s. 25–42.
- Hines, P., Rich, N., Esain, A. 1999. Value stream mapping: A distribution industry application. *Benchmarking: An International Journal* 6, 1, s. 60–77.
- Holweg, M. 2007. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management* 25, 2, s. 420–437.
- Hu, Q., Mason R., Williams, S.J., Found, P. 2015. Lean implementation within SMEs: a literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management* 26, 7, s. 980–1012.
- Jaakko-Tuote Oy tilinpäätös. 2015. Panelia, Jaakko-Tuote Oy. Sisäinen tilinpäätösraportti. 8 s.
- Juuso, J., Iskanius, P. 2009. Arviointikriteerit toiminnanohjausjärjestelmän valintaan. Oulun yliopisto, Raahen toimintayksikkö, Raahen. 51 s.

- Karlsson, C., Åhlström, P. 1996. Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management* 16, 2, s. 24–41.
- Koivunen, K. 2010. Jokiahteentie 12-pohjapiirustus. Panelia, Emeca Oy. Sisäinen piirros. 1 s.
- Koivunen, K. 2010. Jokiahteentie 15-pohjapiirustus. Panelia, Emeca Oy. Sisäinen piirros. 1 s.
- Lacerda, A.P., Xambre, A.R., Alvelos, H.M. 2016. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research* 54, 6, s. 1708–1720.
- Lasa, I.S., Laburu, C.O., Vila, R.C. 2008. An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal* 14, 1, s. 39–52.
- Lasin Maailma. 2012. CE-merkintä kannattaa ottaa todesta. *Lasin Maailma* 1/2012, s. 22–23.
- Liker, J.K. 2013. Toyotan tapaan. *Readme.fi*, kolmas painos, Bookwell Oy, Jyväskylä. 323 s.
- Liker, J.K., Hoseus, M. 2008. Toyota culture: The Heart and Soul of the Toyota Way. The McGraw-Hill Companies, Inc. 562 s.
- Lukka, K. 2014. Konstruktiivinen tutkimusote. Metodix, menetelmäartikkelit [WWW]. Päivitetty 19.04.2014 [viitattu 31.05.2016]. Saatavilla: <https://metodix.net/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>.
- Manos, T. 2006. Value stream mapping – an Introduction. *Quality Progress* 39, 6, s. 64–69.
- Modig, N., Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica Publishing, Halmstad. 167 s.
- Moyano-Fuentes, J., Sacristán-Díaz, M. 2012. Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management* 32, 5, s. 551–582.
- Pepper, M.P.J., Spedding, T.A. 2010. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management* 27, 2, s. 138–155.
- Pohjola, M. 2014. Teknologia, talouskasvu ja hyvinvointi: Suomi uuteen nousuun [www]. Aalto-yliopisto. 09/2014 [viitattu 18.03.2016]. Saatavissa: <http://blogs.helsinki.fi/jtnyholm/files/2014/09/Pohjola.pdf>.

Powell, D. 2013. ERP systems in lean production: new insights from a review of lean and ERP literature. *International Journal of Operations & Production Management* 33, 11, s. 1490–1510.

Powell, D., Riezebos, J., Strandhagen, J.O. 2013. Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. *International Journal of Production Research*, 51, 2, s. 395–409.

Ramdass, K. 2015. Integrating 5S Principles with Process Improvement: A Case Study. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, Portland, 21 September 2015. s. 1908–1917.

Saaranen-Kauppinen, A., Puusniekka A. 2006. Havainnointi. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [www]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. [viitattu 31.05.2016]. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>.

Samuel, D. Found, P. Williams, S.J. 2015. How did the publication of the book *The Machine That Changed The World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management* 35, 10, s. 1386–1407.

Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. 2009. *Research methods for business students*. Pearson Education Limited, 5th edition. 614 s.

Simchi-Levi, D. 2010. *Operations rules: delivering customer value through flexible operations*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. London, England. 239 s.

Singh, B., Garg, S.K., Sharma, S.K. 2011. Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 53, 5-8, s. 799–809.

Singh, B., Garg, S.K, Sharma, S.K. Grewal, C. 2010. Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma* 1, 2, s. 157–168.

Singh, J., Singh, H. 2015. Continuous improvement philosophy – literature review and directions. *Benchmarking: An International Journal* 22, 1, s. 75–119.

Smeds, R. 1994. Managing Change towards Lean Enterprises. *International Journal of Operations & Production Management* 14, 3, s. 66–82.

Stevenson, W.J. 2012. *Operations Management: Theory and Practice*, Global eleventh edition, McGraw-Hill Companies. 908 s.

Vinodh, S., Arvind, K.R., Somanaathan, M. 2011. Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. *Clean Technologies and Environmental Policy* 13, 3, s. 469–479.

Virtanen, A. 2006. Konstruktiivinen tutkimusote – Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä. *Ammattikasvatuksen aikakauskirja* 8, 1, s. 46–52.

Womack, J.P., Jones, D.T. 2003. *Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Free Press. 397 s.

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. 1991. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Harper Perennial. 336 s.

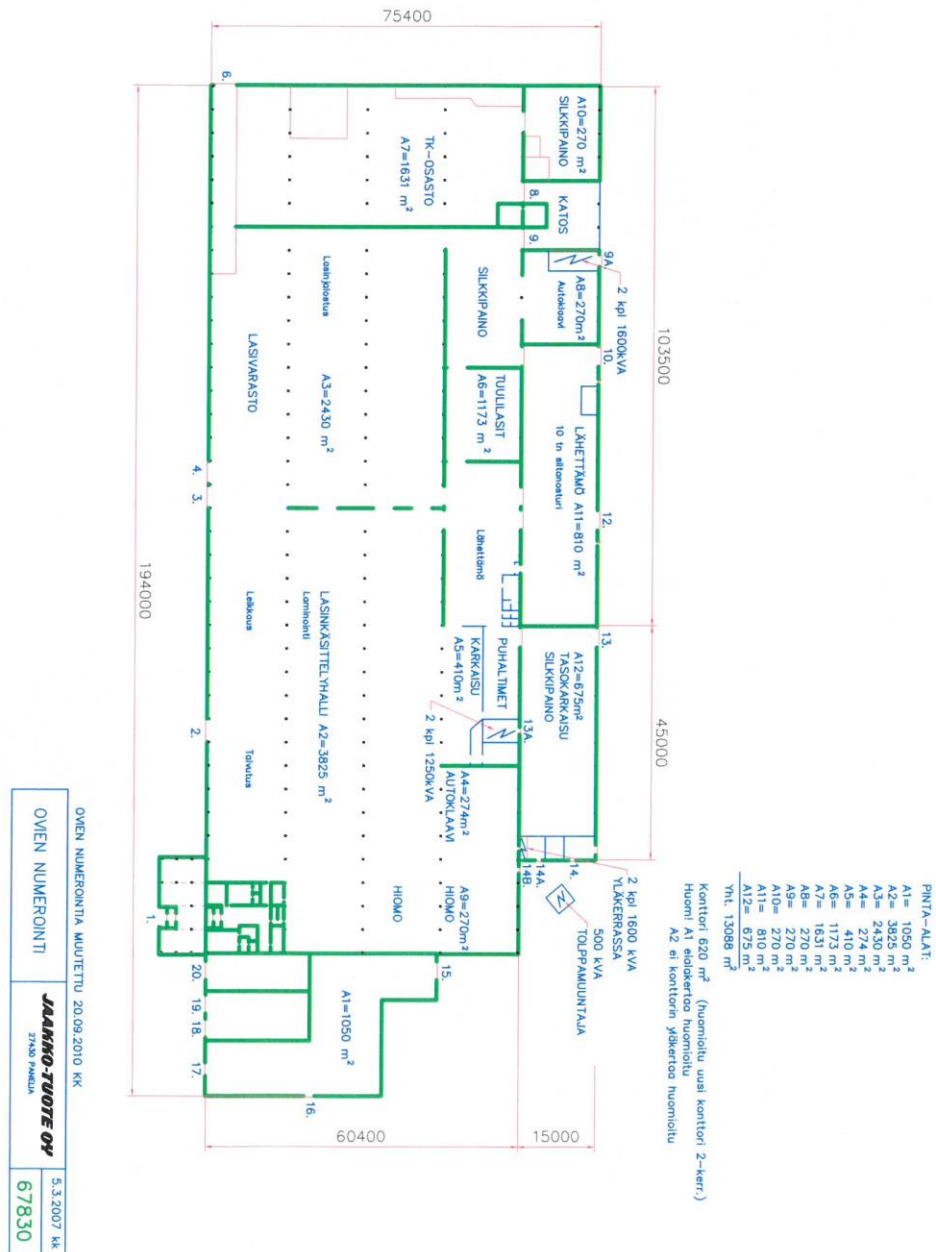
LIITE 1: KYSELYLOMAKE PROSESSIN NYKYTILAN KARTOITTAMISEKSI

Kysely nykyisen prosessin kartoittamiseksi

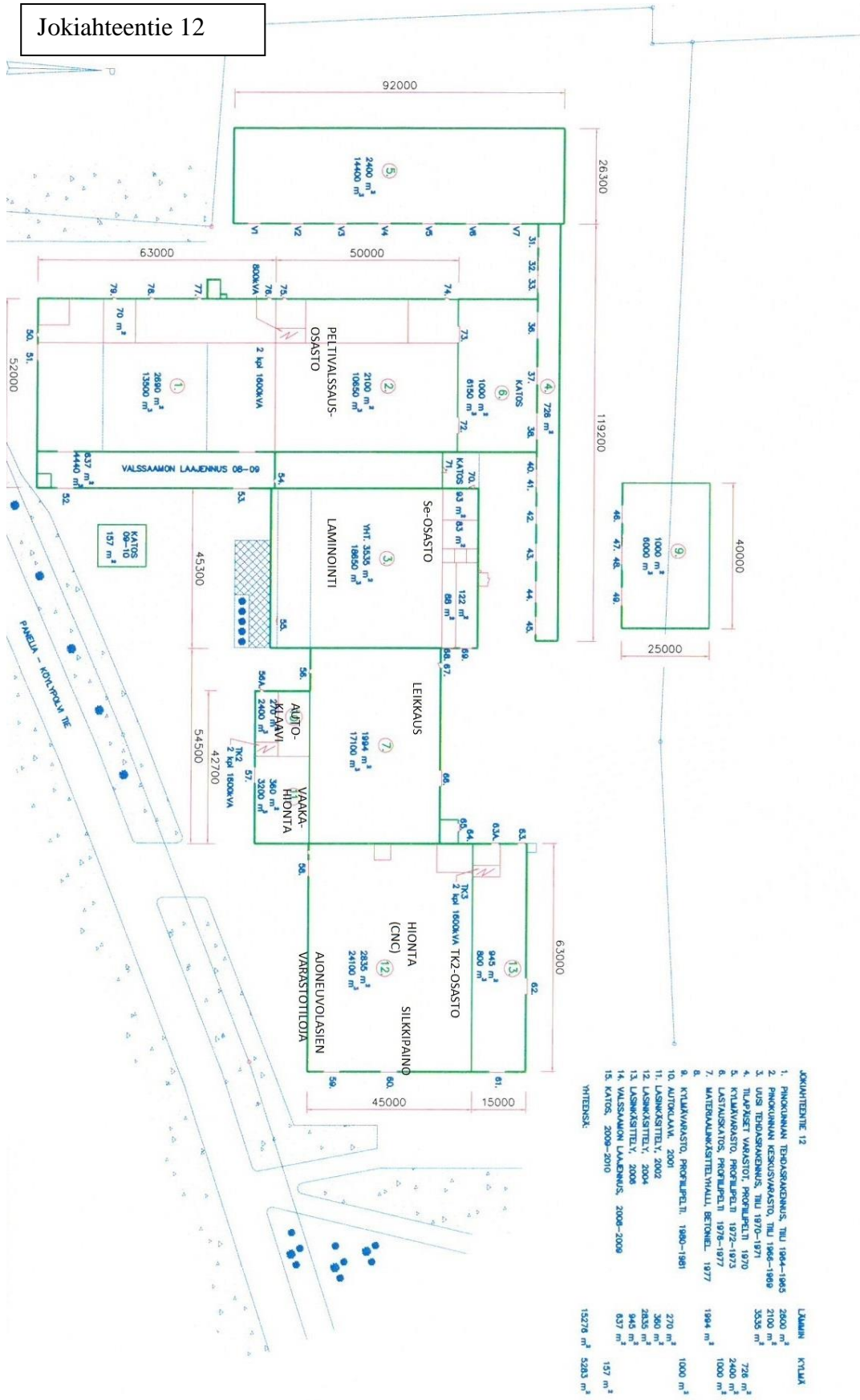
- a) Työn kuvaaminen
1. Millainen työnkuva sinulla on?
 2. Mitä erilaisia työvaiheita siihen kuuluu?
 3. Kuinka monta henkilöä tekee samoja työtehtäviä?
 4. Miten työprosessi etenee erilaisissa tilanteissa, esim. vikatilanteessa, muutostilanteessa, rutiinitilanteessa?
 5. Millä perusteella priorisoi työsi, mitä teet ensin ja millä perusteella?
 6. Miten varmistat, että asiat tulevat tehdyiksi, esim. raportointi, kokoukset, työn valvonta?
 7. Mitä asiakas odottaa tehtäviisi liittyen, esim. kuinka paljon ja usein tulee vikailmoituksia, kuinka paljon on rutiinitehtäviä, mikä asiakkaan vaatima käsittelynopeus eri tilanteissa?
 8. Kuinka paljon kuluu aikaa eri työvaiheissa? (Arvioi) Työvaiheiden kesto (jos tässä on vaihtelua, niin mistä johtuu?). Työtehtävien kasautuminen (kuinka paljon on jonossa odottamassa?). Onko paljon keskeytyksiä? (jos on, mistä johtuu?) Koko ketjun pullonkaula eli hitain työvaihe?
 9. Ajankäyttö. Miten työ jakaantuu päivän/viikon aikana? Miten työ rytmittyy päivän/viikon aikana, kuormittuvatko jotkut työt johonkin aikaan päivästä/viikosta vai ovatko aina tasaisesti?
 10. Kuinka selkeyttäisit työtäsi? Nykyiset ongelmat, kehitysideat ja ratkaisut
- b) Tiedon tuottaminen
1. Millaista tietoa tuotat yrityksen sisälle/ulkopuolelle? Kenelle ja mihin tarkoitukseen?
 2. Miten tieto kulkee eteenpäin? Tapaamiset, raportit (miten ja kuinka usein), kuka tiedon saa, viestintäkanavat (esim. sähköposti, tietojärjestelmä, paperi jne.)
 3. Millaista tietoa saat, mitä kautta sen saat ja kuka sen tekee? Esim. mistä saat tiedon asiakkaan vaatimuksista/kysynnästä, viestintäkanava (sähköposti, tietojärjestelmä, paperi jne), onko tieto riittävä/luotettava työn suorittamiseen?
 4. Mistä tiedät, mitä ja milloin sinun kuuluu tehdä? Työn ohjaus ja aikataulutus
 5. Kuinka selkeyttäisit tiedonkulkua työtehtäviesi vuoksi? Nykyiset ongelmat, uudistusideat ja ratkaisut

LIITE 2: TUOTANNON LAYOUT-KUVAT (KOIVUNEN 2010)

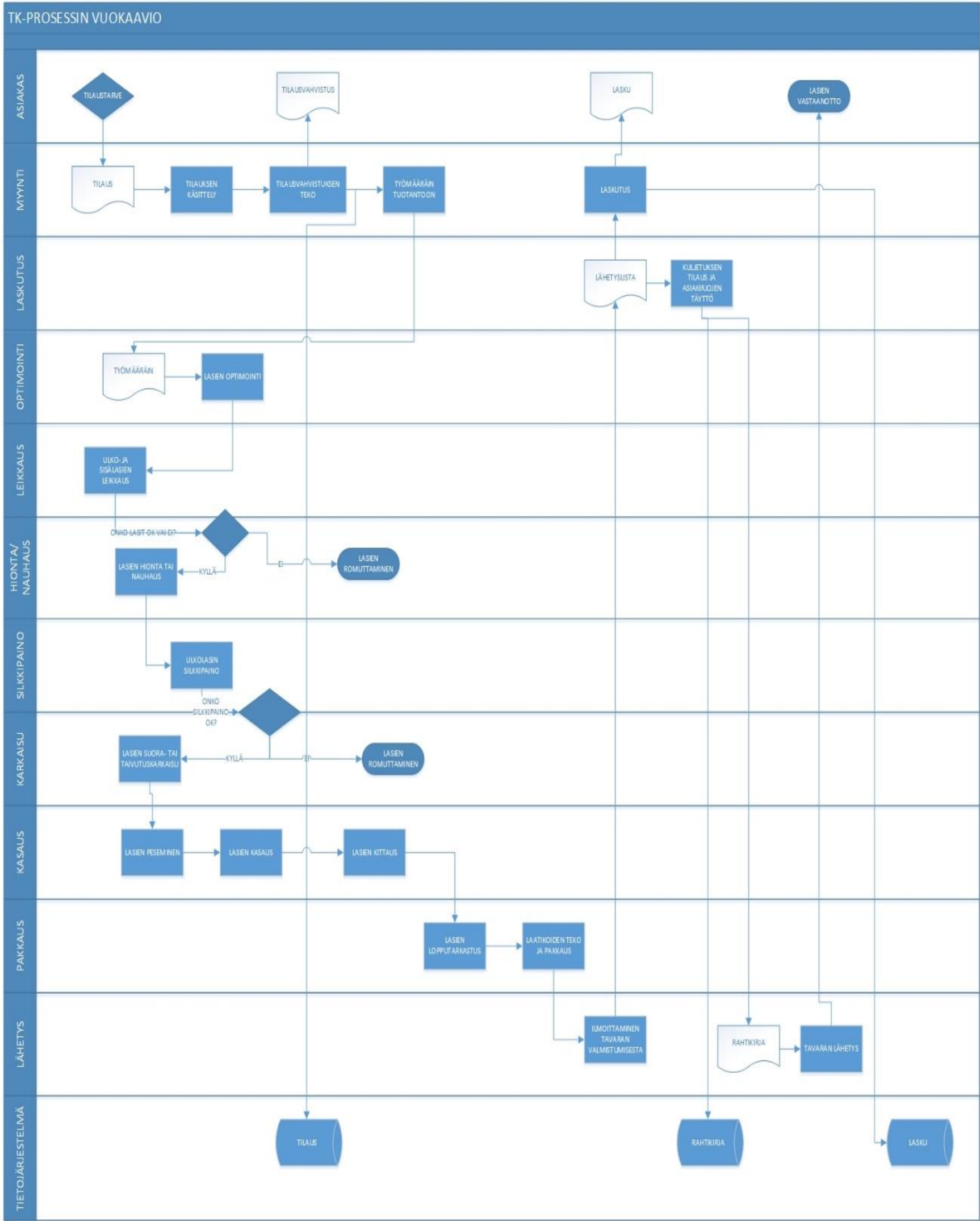
Jokiahteentie 15

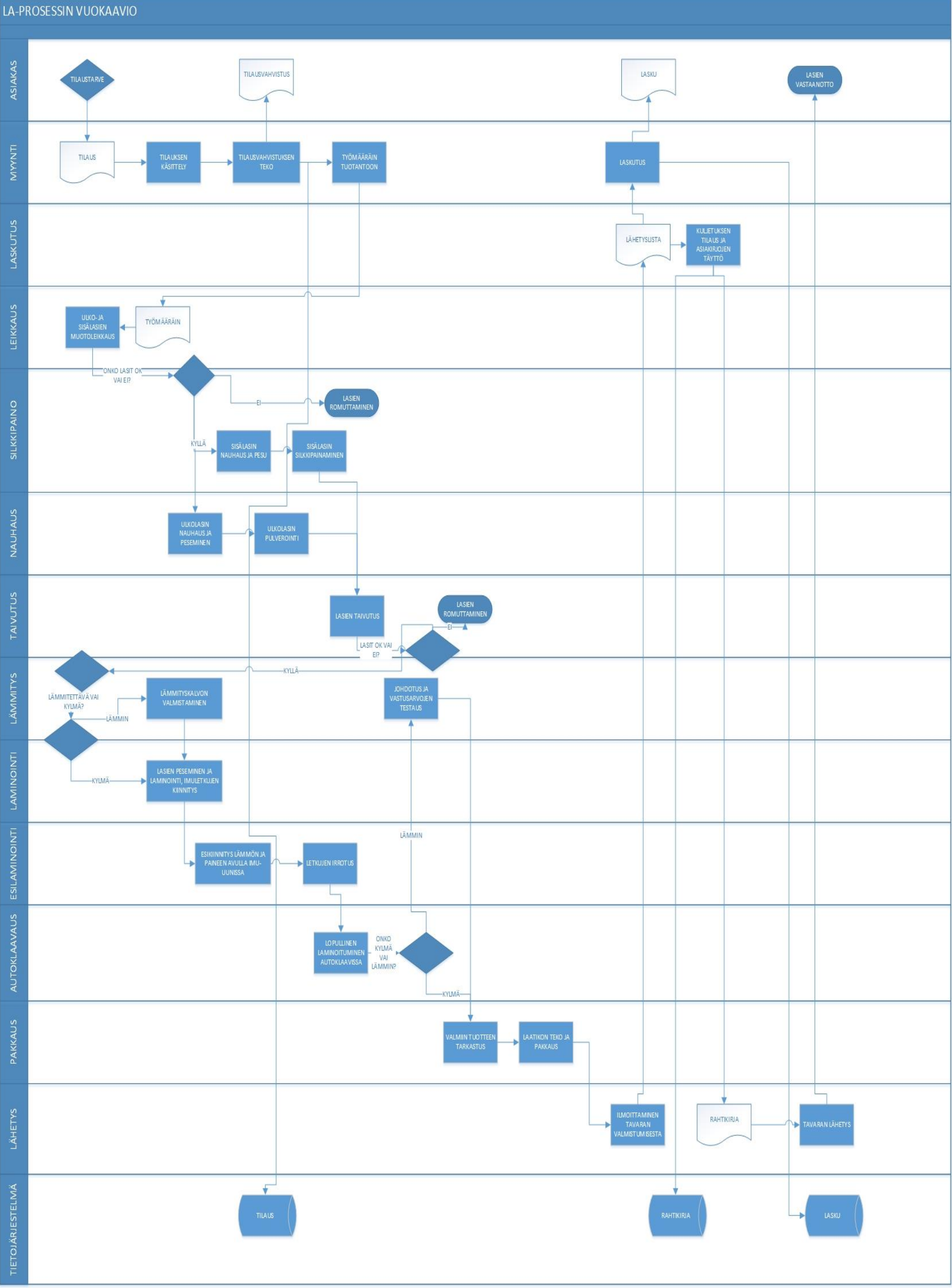


Jokiahteentie 12



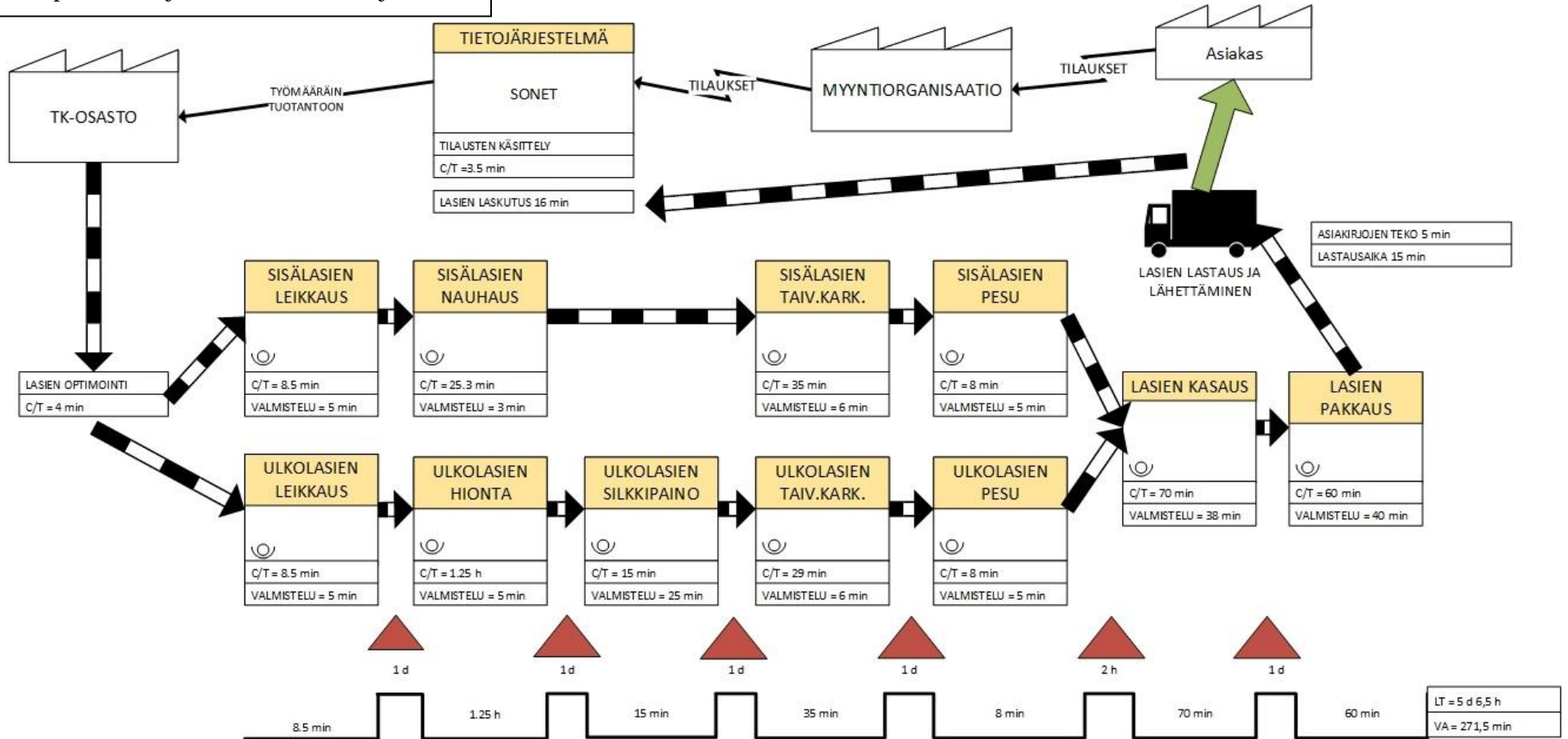
LIITE 3: PROSESSIN VUOKAAVIOT



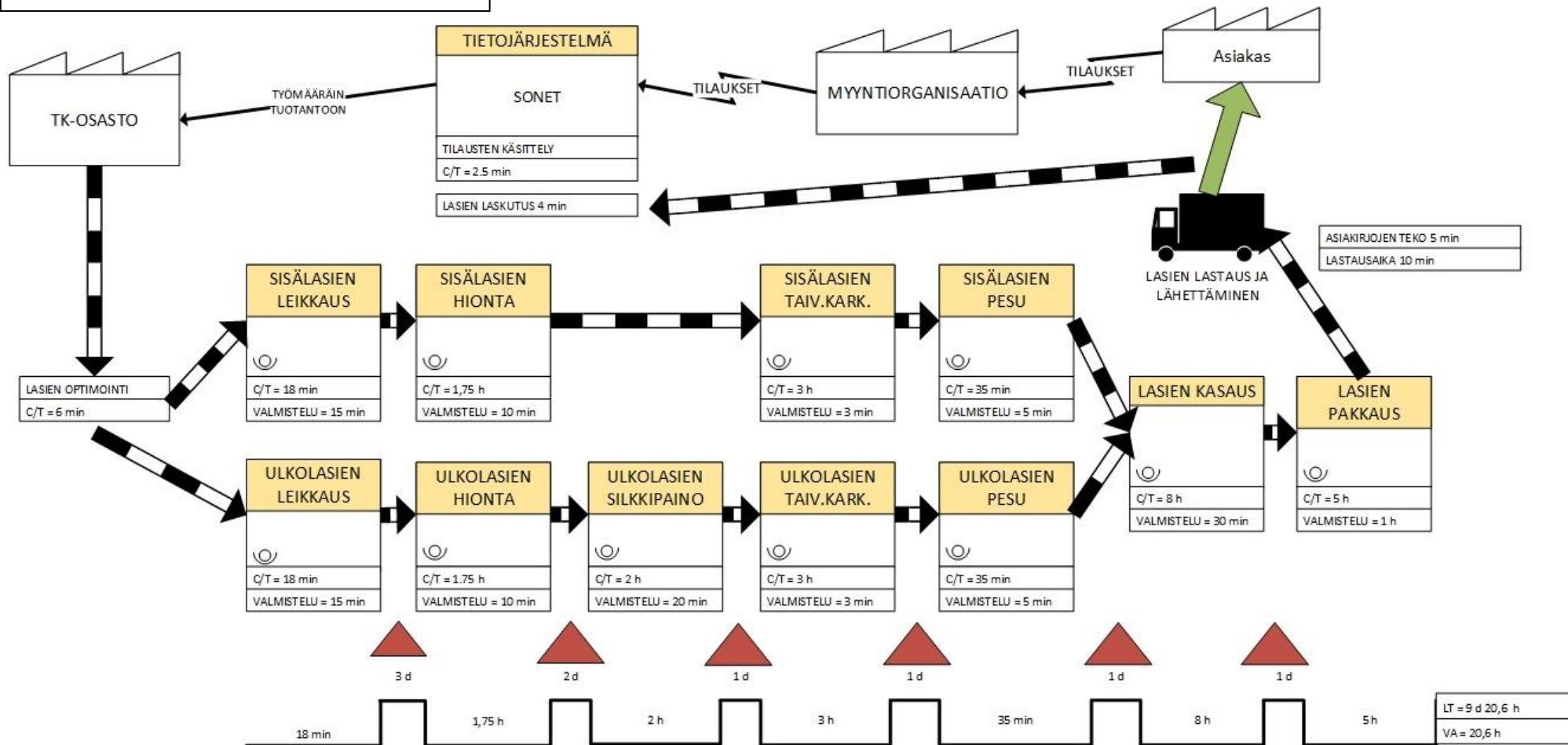


LIITE 4: PROSESSIEN ARVOVIRTAKAAVIOT

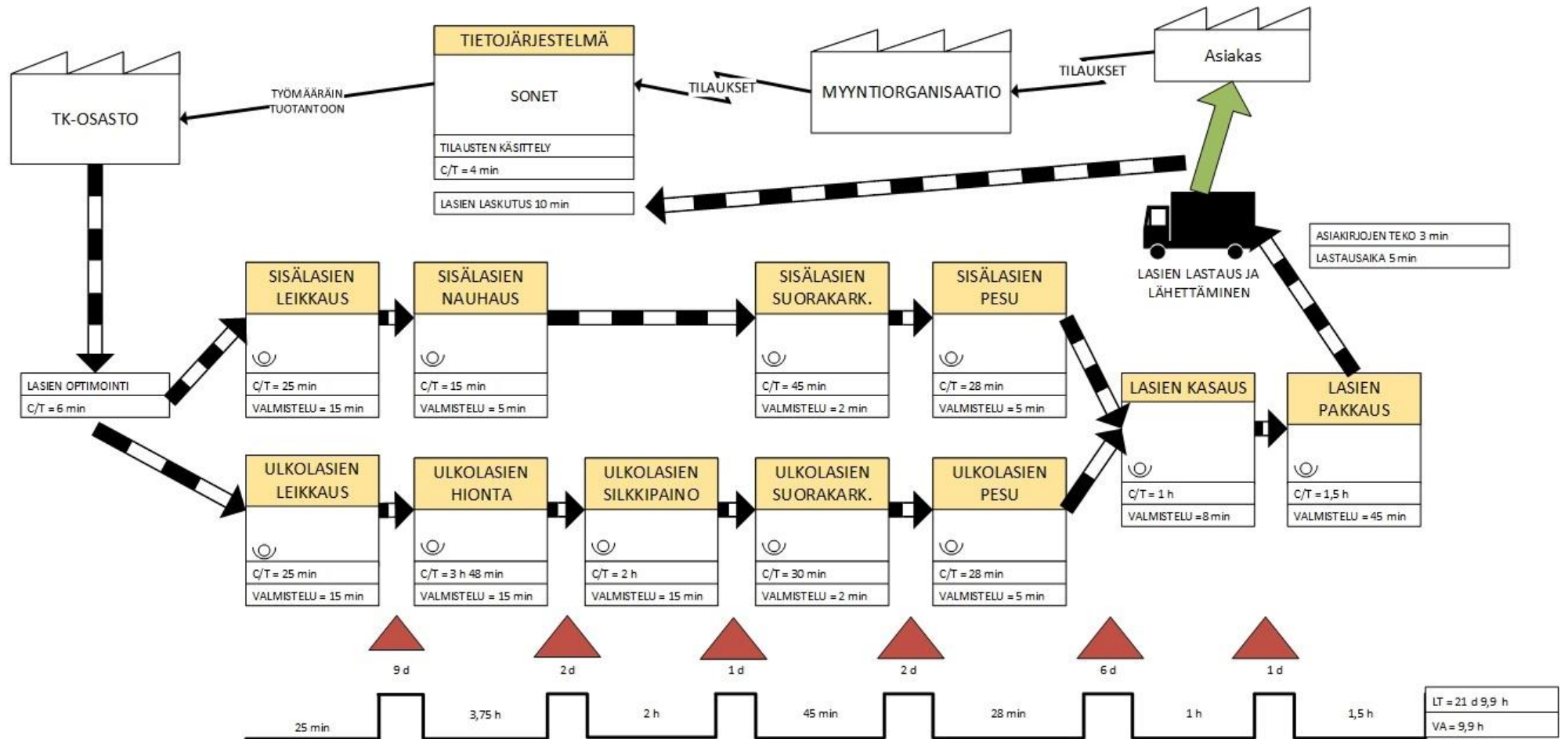
TK-prosessi 1, jossa lasien nauhaus ja hionta



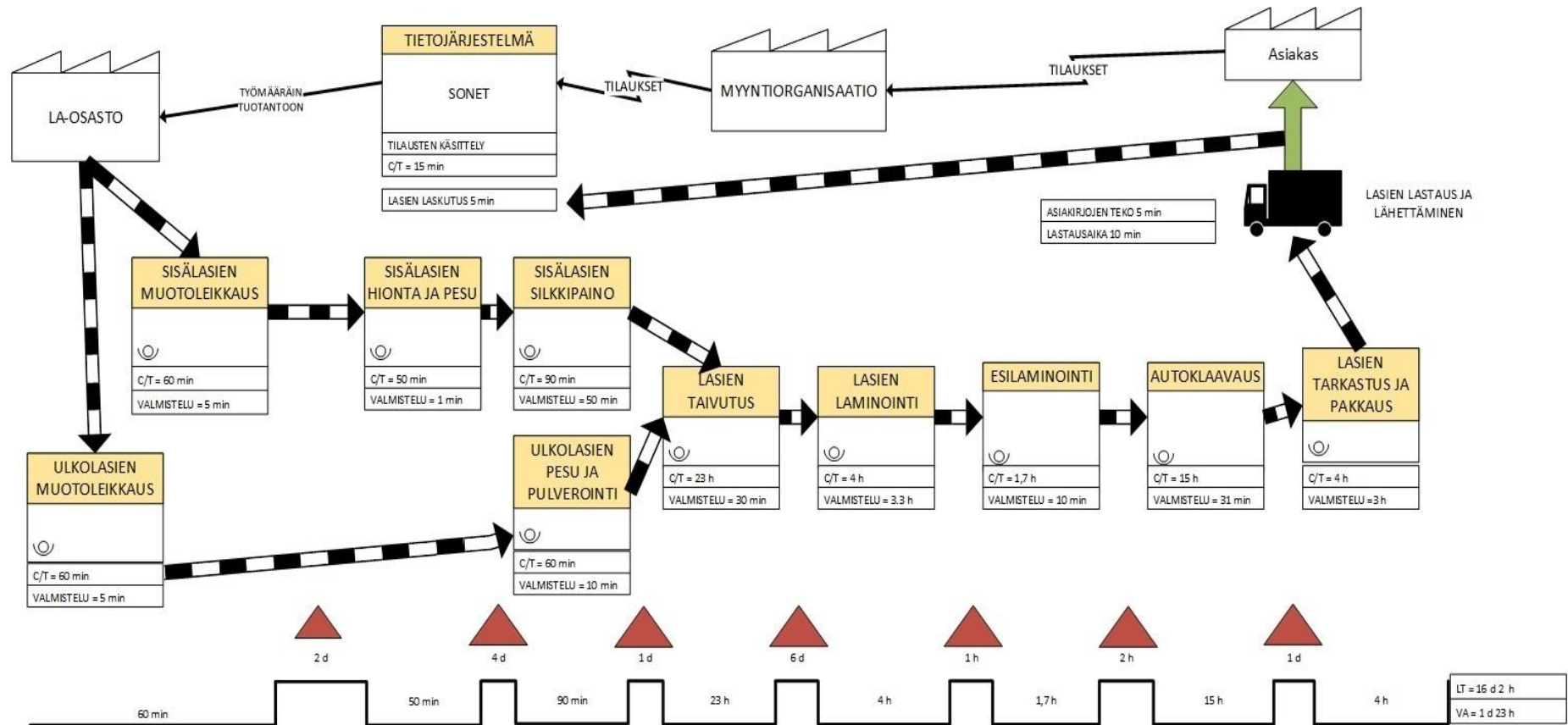
TK-prosessi 2, jossa molemmat lasit hiotaan



TK-prosessi 3, jossa lasien suorakarkaisu



Kylmien tuulilasien prosessi



Lämmitettävien tuulilasien prosessi

